



**TUGAS AKHIR**

**ADSORPSI Cr(III) DAN Cr(VI) DALAM LARUTAN  
MENGUNAKAN KARBON AKTIF DARI BIJI  
TREMBESI (*Samanea saman*)**

**NURFITRIA AMALIA  
NRP. 1411 100 016**

**Dosen Pembimbing  
Dra. Ita Ulfin, M.Si**

**JURUSAN KIMIA  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
SURABAYA 2015**



**FINALPROJECT**

**ADSORPTION OF Cr(III) AND Cr(VI) FROM  
AQUEOUS SOLUTION BY ACTIVATED CARBON  
FROM TREMBESI (*Samanea saman*) SEEDS**

**NURFITRIA AMALIA  
NRP. 1411 100 016**

**Advisor Lecturer  
Dra. Ita Ulfin, M.Si**

**CHEMISTRY DEPARTMENT  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
SURABAYA 2015**

## HALAMAN PENGESAHAN

**Adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI) dalam Larutan Menggunakan  
Karbon Aktif dari Biji Trembesi (*Samanea saman*)**

### SKRIPSI

Oleh :

Nurfitria Amalia  
**NRP. 1411 100 016**

Surabaya, 01 Juli 2015

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing



Dra. Ita Ulfan, M.Si  
NIP. 19650426 198903 2 002

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Kimia



Hamzah Fansuri, M.Si, Ph. D  
NIP. 19691017 199412 1 001

## **Adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI) dalam Larutan Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Trembesi (*Samanea saman*)**

**Nama Mahasiswa** : Nurfitriia Amalia  
**NRP** : 1411 100 016  
**Jurusan** : Kimia FMIPA-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dra. Ita Ulfin, M.Si

### **ABSTRAK**

Karbon aktif dibuat dari biji trembesi (*Samanea saman*) yang digunakan sebagai adsorben ion Cr(III) dan Cr(VI) dalam larutan. Biomassa biji trembesi yang diaktivasi menggunakan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  5% (v/v) selama 24 jam dan dikarbonisasi pada suhu 300 °C selama 45 menit. Proses adsorpsi dilakukan menggunakan metode *batch*, dengan variasi pH awal larutan dan waktu kontak. Hasil percobaan adsorpsi terhadap larutan ion Cr(III) diperoleh kondisi optimum pada pH 4 dengan prosentase adsorpsi sebesar 27,04 % dan waktu kontak optimum 60 menit dengan prosentase adsorpsi 24,59 %. Adsorpsi Cr(III) mengikuti model kinetika orde dua semu ( $k_4 = 0,0972$  (g/mg)/menit). Adsorpsi terhadap larutan ion Cr(VI) diperoleh kondisi optimum pada pH 2 dengan prosentase adsorpsi sebesar 17,65 % dan waktu kontak optimum selama 60 menit dengan prosentase adsorpsi sebesar 18,91 %. Adsorpsi ion Cr(VI) mengikuti model kinetika orde dua semu ( $k_4 = 0,0,918$ (g/mg)/menit).

**Kata kunci:** adsorpsi, ion Cr(III), ion Cr(VI), karbon katif, biji trembesi

## **Adsorption of Cr(III) and Cr(VI) from Aqueous Solution by Activated Carbon from Trembesi (*Samanea saman*) Seeds**

**Nama Mahasiswa** : Nurfitriia Amalia  
**NRP** : 1411 100 016  
**Jurusan** : Kimia FMIPA-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dra. Ita Ulfin, M.Si

### **ABSTRACT**

Karbon aktif dibuat dari biji trembesi (*Samanea saman*) yang digunakan sebagai adsorben ion Cr(III) dan Cr(VI) dalam larutan. Biomassa biji trembesi yang diaktivasi menggunakan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  5% (v/v) selama 24 jam dan dikarbonisasi pada suhu 300 °C selama 45 menit. Proses adsorpsi dilakukan menggunakan metode *batch*, dengan variasi pH awal larutan dan waktu kontak. Hasil percobaan adsorpsi terhadap larutan ion Cr(III) diperoleh kondisi optimum pada pH 4 dengan prosentase adsorpsi sebesar 27,04 % dan waktu kontak optimum 60 menit dengan prosentase adsorpsi 24,59 %. Adsorpsi Cr(III) mengikuti model kinetika orde dua semu ( $k_4 = 0,0972$  (g/mg)/menit). Adsorpsi terhadap larutan ion Cr(VI) diperoleh kondisi optimum pada pH 2 dengan prosentase adsorpsi sebesar 17,65 % dan waktu kontak optimum selama 60 menit dengan prosentase adsorpsi sebesar 18,91 %. Adsorpsi ion Cr(VI) mengikuti model kinetika orde dua semu ( $k_4 = 0,0,918$ (g/mg)/menit).

**Keywords:** adsorption, Cr(III) ions, Cr(VI) ions, activated carbon, trembesi seeds

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul “Adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI) dalam Larutan Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Trembesi (*Samanea saman*)” dengan baik dan tepat waktu. Tulisan ini terwujud berkat bimbingan, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Dra. Ita Ulfir, M.Si, selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan motivasi dan bimbingan selama proses penelitian dan penulisan naskah.
2. Dr. Rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si, selaku kepala Laboratorium Instrumen dan Sains Analitik yang telah memberikan izin selama melakukan penelitian dan selaku dosen penguji yang telah memberikan bimbingan.
3. Ir. Endah Mutiara Marhaeni Putri, M.Si, selaku dosen wali yang telah memberikan pengarahan dan nasihat.
4. Drs. Hendro Juwono, M.Si, selaku dosen yang telah membantu selama proses penelitian.
5. Hamzah Fansuri, M.Si., Ph.D., Lukman Atmaja, Ph.D., dan Adi Setyo Purnomo, M.Sc., Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan bimbingan.
6. Orang tua dan keluarga selalu memberikan doa, nasehat, dan motivasi.
7. Keluarga Laboratorium Instrumen dan Sains Analitik serta keluarga Chem11ITS atas segala bantuan dan motivasi.

Jika terdapat kesalahan dalam penulisan naskah ini, diharapkan saran dan kritik untuk perbaikan di kemudian hari.

Surabaya, 01 Juli 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
DAFTAR LAMBANG.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Relevansi dan Manfaat .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Trembesi.....	5
2.2. Karbon Aktif.....	7
2.3. Penentuan Luas Permukaan Karbon Aktif .....	9
2.4. Adsorpsi .....	9
2.5. Kinetika Adsorpsi.....	10
2.6. Kromium .....	11
2.7. Adsorpsi Kromium pada Karbon Aktif .....	14

2.8.	Penelitian Terdahulu.....	17
2.9.	Spektrofotometri Serapan Atom.....	19
2.10.	Spektrofotometri UV-Vis.....	20
2.11.	Spektrofotometri Infra Merah.....	20
BAB III METODOLOGI .....		23
3.1.	Alat dan Bahan .....	23
3.2.	Prosedur.....	23
BAB IV PEMBAHASAN .....		27
4.1.	Karakterisasi Karbon Aktif .....	27
4.2.	Proses Adsorpsi .....	33
4.3.	Kinetika Adsorpsi.....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		45
DAFTAR PUSTAKA.....		47



## DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Hal
2.1	Tipe kinetika reaksi	11
4.1	Nama-nama gugus pada spektogram FTIR biomassa biji trembesi	27
4.2	Nama-nama gugus pada spektogram FTIR karbon aktif dari biji trembesi	28
4.3	Hasil adsorpsi metilen biru menggunakan karbon aktif	31
4.4	Pengaruh pH terhadap prosentase adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI)	32
4.5	Pengaruh waktu kontak terhadap prosentase adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI)	36
4.6	Parameter model kinetika adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI)	40

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Hal
2.1	Pohon trembesi di Kampus ITS Surabaya	5
2.2	Buah dan biji trembesi	6
2.3	Spesiasi ion Cr(III) terhadap pH	13
2.4	Spesiasi ion Cr(VI) terhadap pH	14
2.5	Mekanisme adsorpsi Cr(VI)	16
2.6	Spektogram FTIR karbon aktif	21
4.1	Spektogram FTIR biomassa biji trembesi dan karbon aktif dari biji trembesi	26
4.2	Reaksi pembentukan ester fosfat melalui proses fosforilasi pada selulosa	29
4.3	Panjang gelombang maksimum metilen biru	30
4.4	Pengaruh pH terhadap prosentase adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI)	33
4.5	Pengaruh waktu kontak terhadap prosentase adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI)	37
4.6	Kurva kinetika orde satu adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI)	38
4.7	Kurva kinetika orde dua adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI)	39
4.8	Kurva kinetika orde satu semu adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI)	39
4.9	Kurva kinetika orde dua semu adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI)	40

## DAFTAR LAMBANG

$A$	Luas penutupan oleh 1 molekul metilen biru, $m^2$
$A_r$	Massa atom relatif, g/mol
$C_0$	Konsentrasi awal adsorbat, mg/L
$C_e$	Konsentrasi sisa setelah adsorpsi saat setimbang, mg/L
$C_t$	Konsentrasi sisa setelah adsorpsi saat waktu $t$ , mg/L
$k_1$	Konstanta orde satu, $\text{menit}^{-1}$
$k_2$	Konstanta orde dua, $(\text{g/mg})/\text{menit}$
$k_3$	Konstanta orde satu semu, $\text{menit}^{-1}$
$k_4$	Konstanta orde dua semu, $(\text{g/mg})/\text{menit}$
$M$	Molaritas, M
$m$	Massa, g
$M_r$	Massa molekul relatif, g/mol
$N$	Bilangan avogadro, $\text{mol}^{-1}$
$R^2$	Konstanta korelasi
$S$	Luas permukaan, $m^2/\text{g}$
$t$	Waktu, menit
$q$	Kapasitas adsorpsi, mg/g
$q_e$	Kapasitas adsorpsi saat setimbang, mg/g
$q_t$	Kapasitas adsorpsi saat waktu $t$ , mg/g
$V$	Volume, L

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pertumbuhan di bidang industri yang signifikan sangat membantu bagi kehidupan manusia. Namun di sisi lain industri seringkali menghasilkan limbah, dimana jika limbah tersebut tidak diolah dan diatasi dengan baik akan menimbulkan masalah bagi lingkungan. Salah satu limbah yang mengganggu lingkungan adalah logam berat. Jika logam berat terkonsentrasi dalam jumlah yang besar, maka akan dapat membahayakan kesehatan dan menimbulkan berbagai penyakit yang serius bagi manusia ataupun hewan.

Sebagian besar polutan yang mengandung logam berat berasal dari industri pelapisan logam, manufaktur baterai, peleburan mineral logam, industri pewarna dan cat, *electroplating*, serta produksi gelas. Beberapa polutan logam berat adalah thalium, kadmium, timbal, kromium, arsen, merkuri, tembaga, dan nikel. Tidak seperti polutan yang berupa zat organik, logam berat tidak dapat terdegradasi (Al-Othman et al., 2012 ).

Kromium merupakan salah satu polutan logam berat yang berpotensi menyebabkan masalah lingkungan dan kesehatan manusia. Bentuk kromium yang paling umum ditemui adalah Cr(0), Cr(III), dan Cr(VI). Keberadaan ion Cr(III) dengan konsentrasi yang cukup tinggi dapat mengakibatkan efek yang merugikan, karena kemampuannya untuk mengkoordinir bahan-bahan organik sehingga dapat menghambat sistem kerja enzim dalam tubuh. Sedangkan ion Cr(VI) merupakan agen pengoksidasi yang kuat dan dapat menimbulkan efek racun yang kronis meliputi infeksi pada kulit dan kanker. Menghirup zat-bahan yang mengandung Cr(VI) dapat mengakibatkan perforasi (lubang kecil) pada sekat di dalam rongga hidung, asma, bronkitis, pneumonitis, serta radang pada laring dan hati. Kontak dengan Cr(VI) dapat menstimulasi alergi pada kulit, radang pada kulit, menyebabkan sel kulit mati, dan kerusakan kulit (Kumral, 2007). Ion Cr(VI) dalam

bentuk kromat dan dikromat yang berada dalam tanah merupakan yang paling mudah larut, memiliki mobilitas yang tinggi, dan bersifat paling beracun (Mohan and Pittman Jr., 2006). Kromium banyak ditemukan pada limbah industri baterai, cat, semen, pelapisan, pewarnaan, dan fotografi (Asmadi et al., 2009).

Banyak metode yang digunakan untuk menghilangkan Cr(VI) dari limbah cair yakni penyaringan menggunakan membran, resin penukar anion, dan adsorpsi menggunakan berbagai adsorben (Owlad et al., 2010). Adsorpsi merupakan metode yang paling efektif karena prosesnya yang mudah diaplikasikan, ramah lingkungan, sesuai untuk polutan dengan konsentrasi rendah, dan murah (Kurniawati et al., 2013). Proses adsorpsi banyak menggunakan karbon aktif dari berbagai macam bahan alam. Salah satunya yakni karbon aktif dari kulit kacang tanah yang diaktivasi menggunakan KOH yang digunakan untuk mengadsorpsi Cr(VI), dan kondisi optimum terjadi pada pH asam (Al-Othman et al., 2012). Adsorpsi Cr(VI) juga dilakukan menggunakan karbon aktif dari jerami gandum dan jerami gerst yang dikarbonisasi pada berbagai suhu. Kapasitas adsorpsi terbesar diperoleh pada adsorpsi saat pH 2 menggunakan karbon aktif yang dikarbonisasi pada suhu 800 °C (Chand et al., 2009 a). Selain digunakan untuk mengadsorpsi ion Cr(VI), karbon aktif dari jerami gandum dan jerami gerst juga dapat mengadsorpsi ion Cr(III) yang optimum dilakukan pada pH 5 (Chand et al., 2009 b). Biji asam yang diaktivasi menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> berhasil mengadsorpsi ion Cr(VI) pada limbah penyamakan kulit hingga prosesntase adsorpsi sebesar 21,71 % (Sulistiyowati and Ulfir, 2012).

Kelimpahan bahan dari berbagai jenis tumbuhan yang banyak mengandung hemiselulosa, selulosa, dan lignin, memberikan peluang untuk digunakan sebagai bahan baku karbon aktif. Salah satu tanaman yang berpotensi adalah trembesi yang populasinya telah tersebar di berbagai wilayah di Indonesia. Penggunaan tumbuhan trembesi sendiri lebih banyak difokuskan sebagai tanaman penyerap polusi udara, sehingga banyak ditanam di taman kota dan sepanjang jalan raya. Penggunaan bagian

tanaman lainnya, seperti daun, batang, buah, akar, maupun bijinya belum banyak dilakukan meski berbagai manfaatnya telah diteliti (Staples and Elevitch, 2006). Pemanfaatan karbon aktif berbahan dasar biji trembesi belum pernah dilakukan sebelumnya. Oleh karena itu tugas akhir dengan judul “Pengaruh pH dan Waktu Kontak terhadap Adsorpsi Cr(VI) dan Cr(III) dalam Larutan Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Trembesi (*Samanea saman*)” dilakukan sebagai upaya pemanfaatan tanaman trembesi.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik karbon aktif yang dibuat dari biomassa biji trembesi
2. Berapa pH optimum dan waktu kontak optimum, yang digunakan untuk adsorpsi ion Cr(VI) dan Cr(III) menggunakan karbon aktif dari biji trembesi
3. Bagaimana kinetika adsorpsi dari ion Cr(VI) dan Cr(III) menggunakan karbon aktif dari biji trembesi

## **1.3. Batasan Masalah**

Pada penelitian ini, larutan ion Cr(III) dalam bentuk  $\text{Cr}^{3+}$  dibuat dari  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , adsorpsi dilakukan pada rentang pH 2 hingga 8, dan waktu kontak yang digunakan adalah 5 hingga 150. Larutan ion Cr(VI) dalam bentuk  $\text{Cr}_2\text{O}_7$  dibuat dari  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , adsorpsi dilakukan pada rentang pH 1 hingga 8, dan variasi waktu yang digunakan adalah 5 hingga 150 menit.

## **1.4. Tujuan**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pH dan waktu kontak optimum karbon aktif dari biji trembesi dengan aktivator  $\text{H}_3\text{PO}_4$  sebagai adsorben ion Cr(III) dan Cr(VI) dalam larutan.

### **1.5. Relevansi dan Manfaat**

Penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui pH dan waktu kontak optimum karbon aktif dari biji trembesi sebagai adsorben logam berat, terutama logam Cr(VI) dan Cr(III). Sehingga biji trembesi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku karbon aktif sebagai adsorben ion Cr(III) dan Cr(VI) dalam limbah.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Trembesi**

Tanaman trembesi atau kihujan dikenal dengan berbagai nama, diantaranya *saman tree* ataurain tree (Inggris), *saman* (Louisiana), *acacia* (Filipina), *gouannegoul* (Perancis), *belati-siris* (India), *delmonte* atau *carreto* (Spanyol), *kamkram* (Thailand), dan *cong* (Vietnam) (Orwa et al., 2009). Nama latin untuk tanaman trembesi adalah *Samanea saman* (Jacquin)Merrill dan termasuk dalam *Familifabaceae* (*Lenguminosae*) (Schmidt, 2008).



**Gambar 2.1.**Pohon Trembesi di Kampus ITS Surabaya

Trembesi merupakan tanaman asli dari bagian utara Amerika Selatan, Amerika Tengah, dan Kepulauan Karibia. Namun sekarang tanaman trembesi telah tersebar di berbagai daerah dengan iklim tropis. Trembesi dapat tumbuh di daerah tropis dengan musim kering yang singkat. Umumnya trembesi banyak tumbuh di dataran rendah, namun kadang dapat pula tumbuh di dataran dengan ketinggian 1400 meter diatas permukaan



laut. Trembesi dapat tumbuh pada berbagai tipe tanah tetapi pH tanah harus diatas 5,5 (Schmidt, 2008).

Buah trembesi yang telah matang berwarna coklat kehitaman, bentuknya membujur, panjang 10-20 cm, tebal 6 mm, dan terisi oleh daging buah yang manis dan dapat dimakan. Biji trembesi berbentuk lonjong, panjang sekitar 8-12 mm, lebar 5-8 mm, tebal 4-5 mm, permukaannya halus dan berwarna coklat. Pada setiap buah trembesi erdapat 15-20 biji dan pada setiap kilobuah trembesi terdapat 4000 – 6000 biji. Biji trembesi banyak digunakan sebagai makanan binatang ternak seperti kambing, lembu, dan babi (Staples and Elevitch, 2006 ).

Bagian-bagian pohon trembesi banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Daging buah trembesi banyak digunakan sebagai bahan makanan anak-anak dan minuman semacam teh. Biji trembesi digunakan sebagai kalung dan kerajinan tangan di Hawaii, dan sebagai makanan hewan ternak. Sedangkan untuk keperluan kesehatan, kulit kayu dapat berkhasiat untuk menyembuhkan konstipasi, daunnya dapat mengobati diare, akarnya dapat meyembuhkan kanker perut, dan bijinya dapat dikunyah untuk menyembuhkan sakit tenggorokan (Staples and Elevitch, 2006 ).



**Gambar 2.2.**Buah dan Biji Trembesi

## 2.2. Karbon Aktif

Berdasarkan pada ukuran dan bentuknya, ada empat tipe karbon aktif yaitu, bubuk (*powder activated carbon* atau PAC), butiran (*granule activated carbon* atau GAC), serat (*fibrous activated carbon* atau FAC), dan kain (*cloth activated carbon* atau CAC) (Kurniawan et al., 2005). Karbon aktif memiliki luas permukaan dan porositasnya tinggi yang dapat dihasilkan dari aktivasi secara termal dan secara kimia. Aktivasi secara termal meliputi pemanasan material pada temperatur tertentu dengan uap panas dari gas pengoksidasi. Sedangkan aktivasi secara kimia meliputi pemanasan campuran dan aktivator pada temperatur 200 – 650 °C. Aktivator yang banyak digunakan adalah  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{ZnCl}_2$ , dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Kinoshita, 1988).

Karbon aktif banyak digunakan untuk mendapatkan kembali pelarut, penyulingan gas, pemurnian air, desulfusisasi, dan pemisahan gas. Karbon aktif banyak pula digunakan untuk adsorben fasa cair pada pengolahan air, dekolorisasi larutan, dan pengumpulan, atau perolehan kembali zat terlarut. Kegunaan lainnya adalah sebagai katalis dan pendukung katalis (Kinoshita, 1988). Karbon aktif memiliki permukaan yang telah bebas dari deposit hidrokarbon, permukaannya lebih luas, dan pori-porinya telah terbuka sehingga dapat digunakan sebagai adsorben. Keberadaan unsur karbon yang terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal yang mirip dengan grafit, memiliki kemampuan menyerap anion, kation, maupun molekul dalam bentuk larutan maupun gas (Pari et al., 2006).

Hingga saat ini, telah banyak bahan alam yang digunakan sebagai material awal pembuatan karbon aktif, diantaranya kulit kacang tanah, arang bambu, lignin, arang tulang, serbuk gergaji, sekam padi, limbah pupuk, limbah karet, dan lain sebagainya. Diantara bahan-bahan tersebut, yang paling banyak digunakan adalah bambu (130.000 ton/tahun), batu bara (100.000 ton/tahun), lignite (50.000 ton/tahun), dan tempurung kelapa (35.000 ton/tahun) (Mohan and Pittman Jr., 2006).

Perbedaan dasar dari aktivasi secara kimia dan secara fisika terletak pada jumlah tahapan dalam proses aktivasi dan temperatur yang digunakan. Aktivasi secara fisika dilakukan hanya dalam satu tahap, sedangkan aktivasi secara kimia meliputi dua tahapan yang terdiri dari karbonisasi dan aktivasi. Temperatur yang digunakan dalam aktivasi secara fisika adalah 800-1000 °C, dan temperatur yang digunakan dalam aktivasi secara kimia adalah 200-800 °C. Terdapat pengelompokan yang diperkenalkan oleh Steenberg, yaitu karbon aktif asam dan karbon aktif basa. Kelompok pertama merupakan karbon aktif yang diaktivasi pada suhu 200-400 °C, yang disebut sebagai karbon L, memiliki permukaan oksida asam dan dapat menurunkan nilai pH larutan. Karbon L dapat mengadsorpsi basa serta menunjukkan zeta potensial negatif. Sedangkan kelompok kedua adalah karbon yang diaktivasi pada suhu 800-1000 °C, yang disebut karbon H, memiliki permukaan oksida yang bersifat basa. Karbon H dapat mengadsorpsi asam dan memiliki zeta potensial positif (Mohan and Pittman Jr., 2006).

Secara umum proses pembuatan karbon aktif dapat dilakukan melalui tiga tahapan. Tahap pertama adalah tahap dehidrasi yang bertujuan untuk menghilangkan kadar air dalam bahan baku yang akan digunakan. Selanjutnya adalah tahap karbonisasi yang merupakan proses pirolisis yaitu proses dekomposisi termal pada suhu 600-1100 °C. Unsur-unsur selain karbon yang terkandung dalam bahan baku, seperti hidrogen dan oksigen akan dibebaskan dalam bentuk gas. Hasil akhir dari proses ini adalah karbon, tar, dan gas. Tahapan berikutnya adalah aktivasi. Pengertian dari aktivasi dalam hal ini adalah terjadinya perubahan fisika dimana hidrokarbon yang menyumbat pori akan dilepaskan sehingga luas permukaan karbon akan menjadi lebih besar. Proses aktivasi karbon dapat dilakukan secara fisika dan secara kimia. Aktivasi secara fisika dilakukan dengan cara mengalirkan udara atau uap pada suhu 800 – 1000 °C. Sedangkan aktivasi secara kimia dilakukan dengan cara merendam bahan baku dalam bahan kimia (YC. and Samun, 2008).

### 2.3. Penentuan Luas Permukaan Karbon Aktif

Permukaan karbon aktif dapat ditentukan menggunakan metode penyerapan karbon aktif terhadap metilen biru. Semakin luas permukaan karbon aktif maka bidang kontakannya akan semakin besar sehingga daya serap terhadap metilen biru akan bertambah pula (Suhendarwati et al., 2013). Luas permukaan karbon dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$S = \frac{q N A}{Mr} \quad (2.1)$$

Dimana S merupakan luas permukaan ( $\text{m}^2/\text{g}$ ), q adalah kapasitas adsorpsi metilen biru dalam karbon ( $\text{g/g}$ ), N adalah bilangan avogadro ( $6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ), A adalah luas penutupan oleh 1 molekul relatif metilen biru ( $197 \times 10^{20} \text{ m}^2$ ), dan Mr adalah massa molekul relatif metilen biru ( $\text{g/mol}$ ). Pada analisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis, absorbansi maksimum metilen biru terjadi pada panjang gelombang 664 nm (Chang et al., 2004).

### 2.4. Adsorpsi

Adsorpsi didefinisikan sebagai substrat yang terkonsentrasi atau terakumulasi pada suatu permukaan atau antarmuka. Proses adsorpsi telah banyak digunakan dalam berbagai bidang. Sejauh ini adsorben telah digunakan sebagai penyerap debu dalam skala besar, katalis atau *support* katalis, pemisahan, penyimpanan gas, pemurnian cairan, pengatur dalam distribusi obat, mengatasi polusi, dan sebagai pelindung organ pernapasan. Selain itu, fenomena adsorpsi sangat berperan pada banyak reaksi pada fasa padat dan mekanisme biologi (Rouquerol et al., 2014)

Proses adsorpsi dimulai dengan atom atau molekul yang menghantam suatu permukaan. Dari hantaman ini, memungkinkan terjadinya berbagai kejadian yang berbeda. Kemungkinan pertama, atom atau molekul akan memelanting, yang disebut *elastic scattering*. Untuk kejadian seperti ini, antara permukaan dan atom atau molekul, tidak terjadi pertukaran energi. Kemungkinan kedua yang terjadi adalah, atom atau molekul akan memantul, yang disebut sebagai *inelastic scattering*. Kejadian seperti ini serupa

dengan proses hamburan Raman , dimana foton yang ditembakkan kehilangan atau mendapat energi rotasi dan atau vibrasi (McCash, 2000).Ketika molekul menempel pada suatu permukaan, terdapat dua kemungkinan terjadinya ikatan yaitu interaksi secara kimia (kemisorpsi) atau interaksi secara fisika (fisorpsi)(Kolasinski, 2012).

Fisorpsi melibatkan kesetimbangan dari energi tarik-menarik yang lemah, misalnya pada gaya Van der Waals yang terjadi antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Proses yang berlangsung pada fisorpsi selalu bersifat endotermal, yang dimana terjadi pelepasan energi. Panas adsorpsi,  $\Delta H_{ads}$ , bernilai kecil yakni -10 hingga -40 kJ/mol<sup>-1</sup>. Pada sistem fisorpsi, interaksi antara adsorbat seringkali dapat dibandingkan, dan dapat dianggap lebih besardaripada interaksi antara adsorbat dengan permukaan adsorben (McCash, 2000).

Kemisorpsi merupakan proses dimana terbentuk ikatan yang kuat antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Ini melibatkan perpindahan elektron antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Panas adsorpsi dari kemisorpsi lebih besar daripada fisorpsi yakni -40 hingga -1000 kJ / mol<sup>-1</sup>. Lapisan adsorbat yang terbentuk di permukaan adsorben sangat stabil pada temperatur tinggi. Ikatan yang terbentuk dapat berupa kovalen atau ionik, atau campuran dari keduanya. Perbedaan yang mencolok antara kemisorpsi dengan fisorpsi terletak pada tingkat spesifitas pada interaksi dari adsorbat yang berbeda dengan permukaan substrat yang berbeda pula (McCash, 2000).

## **2.5. Kinetika Adsorpsi**

Kinetika adsorpsi penting untuk diketahui karena dapat memberikan informasi mengenai jalannya reaksi dan mekanisme reaksi penyerapan yang terjadi. Selain itu, dengan mengetahui kinetika adsorpsi dapat pula mendeskripsikan kecepatan penyerapan adsorbat sehingga dapat mengontrol lama waktu tinggal dari adsorbat yang telah terserap pada antar muka padatan-larutan. Mengetahui kecepatan adsorpsi adsorbat pada larutan

penting diketahui untuk mendesain rancangan pengolahan dalam suatu proses penyerapan (Ho and McKay, 1999). Proses adsorpsi pada suatu larutan, mengetahui kinetika adsorpsi dimaksudkan untuk mengidentifikasi reaksi kinetik antara adsorben dan adsorbat, serta waktu yang diperlukan untuk mencapai adsorpsi maksimum (Correa et al., 2013).

Reaksi yang mengikuti kinetika orde satu jalannya reaksi hanya dipengaruhi oleh satu reaktan, sedangkan pada kinetika orde dua dipengaruhi oleh kuadrat satu reaktan atau dua reaktan (Kurniawati et al., 2013). Persamaan beberapa tipe kinetika adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 2.1. Nilai konstanta dari masing-masing tipe kinetika dapat dihitung dari persamaan linier yang diperoleh dari kurva sesuai plot masing-masing tipe kinetika.

**Tabel 2.1.** Tipe kinetika reaksi

<b>Tipe Kinetika</b>	<b>Persamaan</b>	<b>Plot Grafik</b>
Orde satu	$\ln C_t = -k_1 t + \ln C_0$	$\ln \frac{C_0}{C_t}$ vs $t$
Orde dua	$\frac{1}{C_t} = k_2 t + \frac{1}{C_0}$	$\frac{1}{C_t}$ vs $t$
Orde satu semu	$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_3}{2,303} t$	$\log(q_e - q_t)$ vs $t$
Orde dua semu	$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_4 q_e^2} - \frac{1}{q_e} t$	$\frac{t}{q_t}$ vs $t$

(Kurniawati et al., 2013)

## 2.6. Kromium

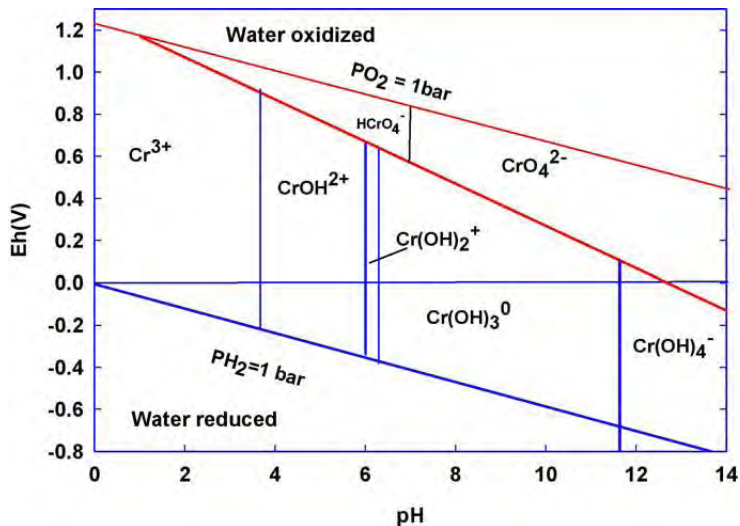
Kromium ditemukan oleh seorang kimiawan Perancis bernama Louis Vauquelin pada tahun 1797. Penamaan *chromium* berasal dari bahasa Yunani *chroma* yang berarti warna, karena dalam kromium ditemukan banyak warna yang berbeda. Sumber utama kromium berasal dari besi kromat,  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ , yang banyak

ditemukan di Afrika Selatan, yakni 96% dari cadangan sumber kromium di dunia. Kromium dapat pula ditemukan dalam bentuk *crocoite*,  $\text{PbCrO}_4$ , dan *chrome ochre*,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Bahkan batu permata *ruby* dan *emerald* mendapatkan warna karena adanya kromium (Mohan and Pittman Jr., 2006).

Kromium merupakan logam masif yang berwarna putih perak dan lunak jika dalam keadaan murni. Titik didihnya  $2690^\circ\text{C}$  dan titik lelehnya  $1900^\circ\text{C}$ . Kromium sangat tahan terhadap korosi, karena kontak kromium dengan udara akan menghasilkan lapisan  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  yang memiliki sifat non-pori sehingga memiliki kemampuan melindungi logam. Senyawa kromium memiliki banyak manfaat, diantaranya kromium oksida digunakan sebagai bahan pita perekam, kromium (III) oksida dan kromat digunakan sebagai pewarna dan gelas, dikromat digunakan sebagai oksidan dalam industri kimia, sedangkan larutan dikromat digunakan dalam proses penyamakan kulit (Sugiyarto and Suyanti, 2010).

Kromium memiliki tiga bilangan oksidasi, yaitu +2, +3, dan +6, namun Cr(II) sangat tidak stabil. Hidrolisis dari Cr(III) dalam spesi *mononuclear* dapat ditemui dalam bentuk  $\text{CrOH}^{2+}$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_2^+$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$ , dalam spesi netral dapat ditemui dalam bentuk  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ , dan dalam spesi *polynuclear* dapat ditemui dalam bentuk  $\text{Cr}_2(\text{OH})_2$  dan  $\text{Cr}(\text{OH})_4^{5+}$ . Sedangkan Cr(VI) dapat ditemukan dalam bentuk netral dan anion, sebagian besar dalam bentuk  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCrO}_4^{2-}$ , dan  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  (Mohan dan Pittman Jr., 2006). Cr(VI) merupakan bahan yang lebih berbahaya daripada Cr(III), karena Cr(VI) memiliki kelarutan dan mobilitas dalam air yang lebih baik daripada Cr(III). Di dalam tanah, kromium dalam bentuk kromat dan dikromat adalah yang paling larut, mudah bergerak, dan paling beracun. Cr(VI) dapat dengan cepat tereduksi menjadi Cr(III) pada keadaan aerobik. Ion Cr(III) memiliki sisi baik yakni sebagai salah satu zat yang dibutuhkan oleh metabolisme mamalia. Cr(III) dapat pula membantu kinerja insulin dalam mengurangi kadar glukosa darah, dan dapat pula digunakan untuk mengontrol keadaan darah bagi penderita diabetes. Selain itu Cr(III) mampu mengurangi kadar kolesterol dalam darah dengan cara mengurangi konsentrasi dari

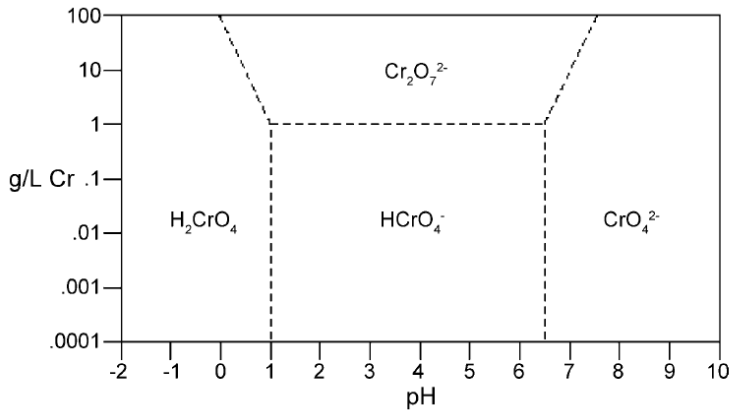
lipoprotein dengan densitas rendah (*low density lipoproteins* atau LDLs) dalam darah.



**Gambar 2.3.**Spesiasi Ion Cr(III) Terhadap pH  
(Mohan and Pittman Jr., 2006)

Gambar 2.3. menunjukkan bilangan oksidasi dan bentuk Cr(III) dalam larutan. Ion Cr(III) banyak ditemui pada pH kurang dari 3. Hidrolisis terjadi pada pH lebih dari 3,5, sehingga menjadi spesi kromium hidroksi dalam bentuk  $CrOH^{2+}$ ,  $Cr(OH)_2^+$ ,  $Cr(OH)_3$ , dan  $Cr(OH)_4^-$ . Sedangkan Cr(VI) kebanyakan ditemui dalam bentuk garam dari asam kromat ( $H_2CrO_4$ ), ion hidrogen kromat ( $HCrO_4^-$ ) dan ion kromat ( $CrO_4^{2-}$ ).  $H_2CrO_4$  mendominasi pada pH kurang dari 1,0, spesi  $HCrO_4^-$  terbentuk pada pH diantara 1,0 hingga 6,0, dan bentuk  $CrO_4^{2-}$  terbentuk pada pH diatas 6,0(Mohan and Pittman Jr., 2006).



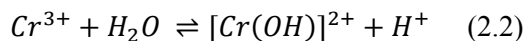


**Gambar 2.4.** Spesiasi Ion Cr(VI) Terhadap pH  
(Mohan and Pittman Jr., 2006)

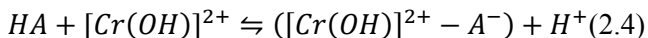
Logam kromium ditemukan di alam dalam bentuk senyawa yang terkandung dalam berbagai elemen, baik dalam air, tanah, maupun udara. Sumber dari kromium diduga paling banyak dari kegiatan perindustrian seperti industri baterai, cat, semen, pelapisan, pewarnaan, dan fotografi. Selain itu kromium dapat pula berasal dari pembakaran bahan bakar. Dalam udara, kromium dapat ditemukan dalam bentuk debu. Sedangkan dalam air kromium dapat masuk dari pengikisan batuan-batuan mineral yang mengandung kromium atau dapat pula masuk ke perairan karena dampak dari aktivitas manusia (Asmadi et al., 2009)

## 2.7. Adsorpsi Kromium pada Karbon Aktif

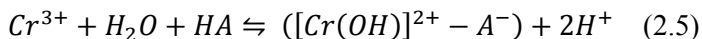
Keberadaan proton dalam larutan adsorbat sangat penting karena mempengaruhi terjadinya reduksi kromium. Pada rentang pH 5 hingga 6, Cr(III) berada pada bentuk  $[\text{Cr}(\text{OH})]^{2+}$ . Pembentukan senyawa tersebut merupakan proses hidrolisis dari Cr(III) melalui reaksi sebagai berikut.



Mekanisme selanjutnya yang mengontrol adsorpsi Cr(III) pada permukaan karbon digambarkan pada reaksi berikut.

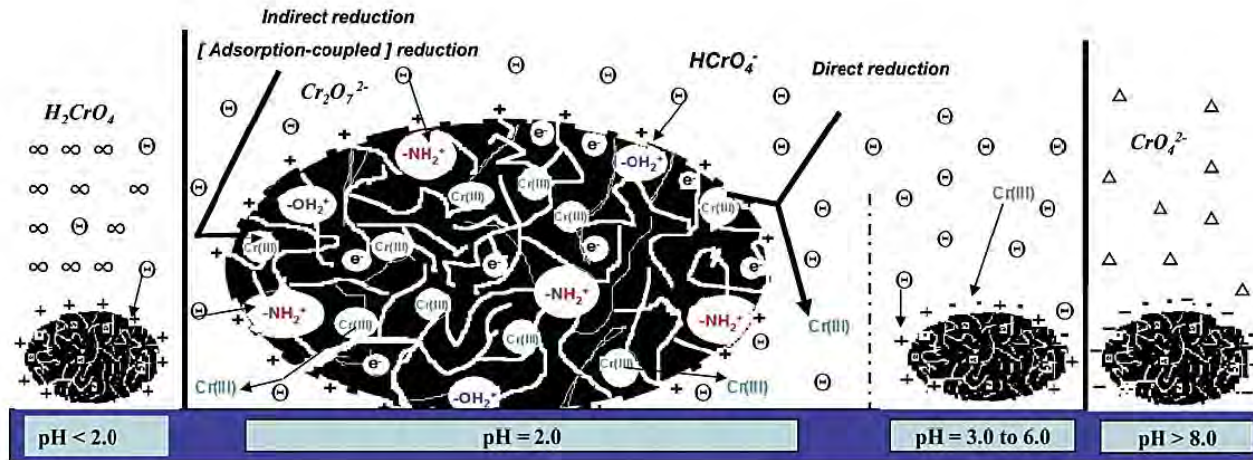


Dimana A menggambarkan satu tempat adsorpsi pada permukaan asam dari karbon. Sehingga jika digabungkan persamaan (2.3) dan (2.4), maka akan menggambarkan reaksi adsorpsi Cr(III) secara umum seperti pada persamaan reaksi berikut.



(Mohan dan Pittman Jr., 2006).

Sedangkan proses adsorpsi Cr(VI) dapat terjadi melalui dua mekanisme yang berbeda, yaitu reduksi langsung dan reduksi tidak langsung Cr(VI) menjadi Cr(III). Ilustrasi terjadinya dua mekanisme tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.5. Pada mekanisme reduksi langsung, Cr(VI) tereduksi menjadi Cr(III) karena grup pendonor elektron yang terdapat pada permukaan karbon aktif. Selanjutnya Cr(III) membentuk kompleks dengan karbon aktif atau tetap tinggal pada larutan. Sedangkan pada mekanisme reduksi tidak langsung, proses reduksi terjadi di dalam pori karbon aktif. Peristiwa ini terjadi melalui tiga tahapan. Tahap pertama, terjadinya ikatan antara anion  $HCrO_4^-$  dengan muatan positif pada permukaan karbon aktif. Tahap kedua terjadinya reduksi dari Cr(VI) yang telah teradsorpsi karena berdekatan dengan pendonor elektron seperti  $C=O$  atau  $O-CH_3$  pada permukaan karbon aktif. Tahapan yang terakhir adalah pelepasan Cr(III) ke larutan karena adanya tolakan elektronik antara permukaan karbon aktif yang bermuatan positif dengan *surfacebound* dari Cr(III) (Anandkumar and Mandal, 2009).

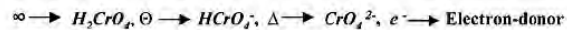


**Direct Reduction:**

Surface Electron-donor + Solution Cr(VI)  $\rightarrow$  Cr(III)

**Indirect Reduction:**

Adjacent Electron-donor + Bind Cr(VI)  $\rightarrow$  Cr(III)



**Gambar 2.5.** Mekanisme Adsorpsi Cr(VI)  
(Anandkumar dan Mandal, 2009)

## 2.8. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang bertujuan untuk mengurangi kadar ion Cr(III) dan Cr(VI) telah banyak dilakukan. Diantaranya dilakukan dengan metode adsorpsi menggunakan karbon aktif yang dibuat dari berbagai bahan, yaitu tulang, ampas tebu, batu bara, biji kopi, tempurung kelapa, tongkol jagung, rambut, kulit kacang tanah, koran, limbah karet, sekam padi, dan lain sebagainya (Mohan and Pittman Jr., 2006).

Penelitian untuk yang memanfaatkan jerami gandum dan jerami gerst yang diolah menjadi karbon aktif sebagai adsorben Cr(III) dilakukan oleh Mohan. Jerami dikarbonasi pada suhu 800°C selama 1 jam dengan kecepatan kenaikan suhu 5°C per menit. Setelah itu dicuci dengan air destilasi dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 24 jam. Karbon aktif dari jerami selanjutnya dioksidasi menggunakan HNO<sub>3</sub> 50% pada suhu 90°C selama 6 jam. Setelah itu larutan KOH diganti dengan yang baru dan direaksikan selama 3 jam pada kondisi yang sama. Karbon yang telah dioksidasi tersebut dicuci dengan air destilasi sampai pH-nya netral. Sampel dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 24 jam. Pengaruh pH terhadap adsorpsi Cr(III) diteliti pada rentang pH 1 hingga 5. Adsorpsi optimum terjadi pada pH 5, sedangkan waktu optimum terjadi pada waktu kontak 4 jam (Chand et al., 2009 b). Bahan baku lain yang digunakan untuk membuat karbon aktif sebagai adsorben Cr(III) adalah sabut kelapa yang diaktivasi menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Kondisi optimum adsorpsi terjadi saat pH 4. Kinetika adsorpsi mengikuti kinetika model orde dua semu (Mohan et al., 2006)

Anandkumar telah melakukan penelitian untuk mengadsorpsi ion Cr(VI) menggunakan karbon aktif yang dibuat dari cangkang buah *bael*. Preparasi dilakukan dengan mencuci cangkang buah, dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110 °C, kemudian dihaluskan. Aktivasi dilakukan dengan merendam biomassa menggunakan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 88% dengan rasio 1:1. Lalu proses karbonisasi dilakukan pada suhu 600 °C selama 90 menit. Untuk mengetahui pengaruh pH terhadap adsorpsi Cr(VI) dilakukan

percobaan pada rentang pH 1 hingga 8. Hasil menunjukkan adsorpsi optimum terjadi pada pH 2 dan waktu kontak selama 240 menit. Proses adsorpsi mengikuti model kinetika orde dua semu.

Bahan baku lain yang telah digunakan sebagai karbon aktif adalah kulit kacang tanah. Al-Othman melakukan penemitan yang diawali dengan preparasi bahan dengan cara mencuci kulit kacang tanah, mengeringkan di dalam oven pada suhu 110 °C selama 24 jam, kemudian dihaluskan. Proses aktivasi dilakukan dengan merendam biomassa di dalam KOH 20% (v/v) dengan perbandingan 1:1 selama 24 jam pada temperatur ruang. Selanjutnya, biomassa yang telah diaktivasi dikarbonisasi pada suhu 450 °C selama 60 menit lalu didinginkan. Untuk mengetahui pengaruh pH terhadap proses adsorpsi Cr(VI), dilakukan percobaan adsorpsi pada rentang pH 2 hingga 10. Hasil menunjukkan bahwa proses adsorpsi efektif pada pH asam dan adsorpsi maksimum terjadi pada pH 2. Pada pH 2 hingga 7 terjadi penurunan prosentase adsorpsi dan pada pH lebih basa proses adsorpsi tidak terjadi.

Penelitian mengenai adsorpsi ion Cr(IV) juga dilakukan menggunakan karbon aktif yang dibuat dari jerami gandum dan jerami gerst. Material awal yang telah halus dikarbonisasi pada temperatur 600, 700, 800, 900, dan 1000 °C selama 60 menit. Setelah dilakukan pengujian kemampuan adsorpsi terhadap Cr(IV), karbon aktif dari jerami gandum dan jerami gerst menunjukkan kapasitas adsorpsi terbesar 1,67 dan 1,68 mol/kg untuk karbonisasi pada temperatur 800 °C. Untuk mengetahui pengaruh pH optimum dilakukan adsorpsi pada pH 1 hingga 8. Adsorpsi optimum terjadi pada pH 2. Adsorpsi terus meningkat pada waktu 10 menit dan mulai menurun pada waktu kontak 5 jam (Chand et al., 2009 a).

Adsorpsi ion Cr(VI) juga pernah dilakukan dengan menggunakan karbon aktif dari biji asam (*Tamarindus Indica L.*) yang diaktivasi menggunakan asam sulfat. Hasil penelitian menunjukkan keadaan optimum saat waktu kontak selama 60 menit, konsentrasi larutan 500 mg/L, dan dosis adsorben 30 g/L.

Adsorben juga berhasil diaplikasikan sebagai adsorben limbah penyamakan kulit dengan prosentase adsorpsi sebesar 21,71 % (Sulistiowati, 2009). Tanaman lain yang telah dimanfaatkan adalah tempurung biji nyamplung yang diaktivasi menggunakan asam sulfat dan dikarbonisasi pada suhu 300 °C selama 45 menit. Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimum saat pH 1, waktu kontak selama 150 menit, dan konsentrasi awal ion Cr(VI) 150 mg/L (Indis, 2013).

## **2.9. Spektrofotometri Serapan Atom**

Metode analisis menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA) pertama kali dikembangkan oleh Walsh, Alkamede, dan Melatz pada tahun 1955 untuk menganalisa logam renik dalam sampel (Mulja dan Sudarman, 1995). Prinsip kerja dari SSA dimulai dari sinar yang ditembakkan dari sumber akan melewati pembakar yang dimana elemen target akan berubah dalam keadaan atomik sebelum difokuskan tepat di celah monokromator yang memiliki rentang panjang gelombang yang sangat sempit, hingga akhirnya berkas optik akan jatuh di celah detektor (Rouessac dan Rouessac, 2007).

Untuk keperluan analisa secara kuantitatif, skala monokromator perlu diatur agar berhimpit dengan puncak pita absorpsi sehingga diperoleh kepekaan yang hampir maksimal dan memenuhi Hukum Beer karena kebanyakan radiasi relatif sangat dekat dengan panjang gelombang absorpsi sampel maksimum. Gas pembakar dan temperatur yang biasa digunakan adalah gas batubara-udara 1800 °C, gas alam-udara 1700 °C, asetilena-udara 2200 °C, dan asetilena-dinitrogen oksida 3000 °C (R.A. Day dan A. L. Undewood, 2002). Untuk menganalisa kromium menggunakan SSA dapat dilakukan pada panjang gelombang 357,9; 359,3; atau 425,4 nm. Nyala yang dianjurkan berasal dari campuran udara dengan asetilena, dan dengan nyala tereduksi (bahan bakar, asetilena, atau hidrogen berlebih) (Robinson, 1990).

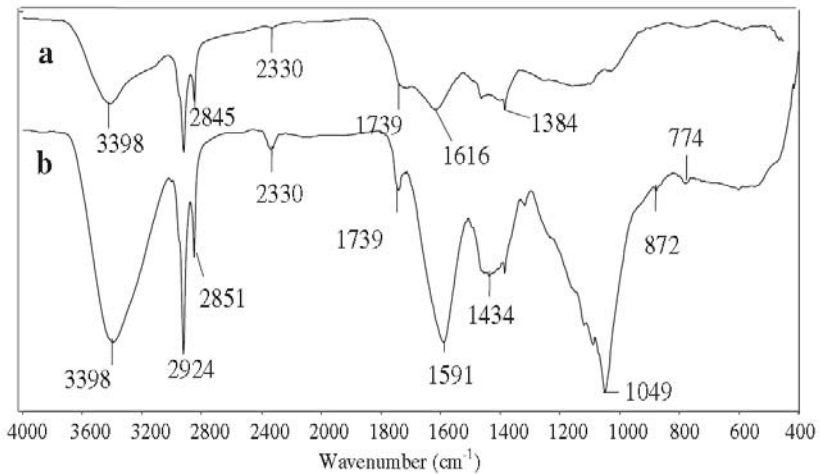
## 2.10. Spektrofotometri UV-Vis

Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis adalah interaksi sinar ultraviolet atau sinar tampak dengan molekul dalam sampel. Daerah spektrum ultraviolet terletak pada panjang gelombang 200 hingga 400 nm, sedangkan sinar tampak pada panjang gelombang 400 hingga 700 nm. Energi cahaya akan mengeksitasi elektron terluar molekul ke orbital lebih tinggi. Pada kondisi ini, elektron tidak stabil dan dapat melepaskan energi untuk kembali ke tingkat dasar, dengan disertai emisi cahaya. Bersarnya penyerapan cahaya sebanding dengan jumlah molekul, sesuai dengan Hukum Lambert-Beer (R.A. Day and A. L. Undewood, 2002).

## 2.11. Spektrofotometri Infra Merah

Konsep radiasi infra merah dikembangkan pertama kali pada tahun 1800 oleh Sir William Herschel melalui eksperimen mendispersi radiasi dari sinar matahari dengan prisma. Ternyata pada daerah sesudah sinar merah menunjukkan kenaikan suhu tertinggi, atau pada daerah radiasi panjang gelombang tersebut didapati energi yang paling tinggi yang selanjutnya daerah spektrum tersebut dikenal dengan infra merah. Radiasi infra merah yang digunakan dalam analisis adalah radiasi infra merah dengan rentang panjang gelombang antara  $4000 - 670 \text{ cm}^{-1}$  (Mulja dan Sudarman, 1995).

Spektrofotometer infra merah merupakan instrumen yang baik untuk mengidentifikasi baik senyawa organik maupun senyawa anorganik murni. Semua molekul dapat mengabsorpsi sinar infra merah, dan setiap molekul memiliki spektrum absorpsi infra merah yang spesifik. Energi dari sinar infra merah dapat digunakan untuk transisi rotasi dan eksitasi vibrasi. Instrumen spektroskopi infra merah memiliki tiga tipe, yakni spektrofotometer dispersi (spektrofotometer), spektrofotometer *Fourier-transform infra red* (FTIR), dan filter fotometer. Spektrofotometer dan FTIR digunakan untuk analisa secara kualitatif, sedangkan filter fotometer digunakan untuk analisa secara kuantitatif (Skoog et al., 2004).



**Gambar 2.6.** Spektogram FTIR (a) Karbon aktif dari buah zaitun  
(b) Karbon aktif dari buah zaitun yang diaktivasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>  
(Kaouah et al., 2013 )

FTIR dapat digunakan untuk menganalisa gugus fungsi pada karbon aktif. Penelitian yang dilakukan oleh Farida Kauoah mengenai adsorpsi pewarna menggunakan karbon aktif yang dibuat dari buah zaitun menunjukkan hasil karakterisasi karbon aktif pada Gambar 2.6. Hasil analisa menunjukkan adanya gugus fungsi hidroksil (3389 cm<sup>-1</sup>), ikatan C-H pada metilena (2925 dan 2851 cm<sup>-1</sup>), C-C (2330 cm<sup>-1</sup>), C-O pada karbonil (1739 cm<sup>-1</sup>), C-C pada cincin aromatik (1591 dan 1435 cm<sup>-1</sup>), C-O pada karboksilat (1323 cm<sup>-1</sup>), dan R-OH pada alkohol (1049 cm<sup>-1</sup>). Adanya puncak pada 1300-900 dan 1220-1180 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya spesi fosfor, seperti ikatan hidrogen pada -POH, ikatan -POC, dan ikatan P-OOH(Kaouah et al., 2013 ).



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1. Alat dan Bahan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *disk mill*, ayakan mesh, neraca analitik, kertas saring, *magnetic stirrer*, *hot plate*, peralatan gelas kimia, oven, *furnace*. Sedangkan instrumen yang digunakan adalah pH meter digital (Oakton tipe pH/CON 510), spektrofotometer serapan atom (Shimadzu tipe AA-6800), spektrofotometer UV-Vis (Genesys tipe10S), dan spektrofotometer FTIR (Shimadzu tipe FTIR-8400S).

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah biji trembesi, aqua DM,  $K_2Cr_2O_7$ ,  $Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ ,  $H_3PO_4$  85%,  $HNO_3$  65%, metilen biru, dan KOH dari Merck.

### **3.2. Prosedur**

#### **a. Preparasi Karbon Aktif**

Biji trembesi dibilas menggunakan air hingga kemudian dipanaskan pada suhu 110°C dan diaktivasi dengan  $H_3PO_4$  5%. Selanjutnya dikarbonisasi pada suhu 300°C selama 45 menit dengan kenaikan suhu 10°C/menit.

#### **b. Karakterisasi Karbon Aktif**

Karakterisasi yang dilakukan terhadap karbon aktif dari biji trembesi adalah analisa kadar air dan prosentase rendemen secara gravimetri, analisa gugus fungsi dengan FTIR, dan penentuan luas permukaan karbon aktif menggunakan metode adsorpsi metilen biru.

#### **c. Pembuatan Larutan Ion Cr(III) dan Cr(VI)**

Larutan ion Cr(III) 1000 mg/L dibuat dari 7,6952 gram  $Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  yang dilarutkan dan diencerkan dengan aqua DM dalam labu ukur 1000 mL hingga tanda batas. Larutan kerja Cr(III) dibuat dengan cara mengencerkan larutan stok Cr(III) 1000 mg/L.

Larutan ion Cr(VI) 1000 mg/L dibuat dari 2,8287 gram  $K_2Cr_2O_7$  yang dilarutkan dan diencerkan dengan aqua DM dalam labu ukur 1000 mL sampai tanda batas. Larutan kerja Cr(VI) dibuat dengan cara mengencerkan larutan stok Cr(VI) 1000 mg/L.

d. Pengaruh pH Adsorpsi

Pengaturan pH pada larutan ion Cr(III) menggunakan larutan  $HNO_3$  dan  $KOH$ , variasi pH yang digunakan adalah 2 hingga 8. Karbon aktif dari biji trembesi dengan dosis 2g/L dimasukkan ke dalam gelas beker yang berisi larutan Cr(III) 50 mg/L. Proses adsorpsi dilakukan selama 60 menit disertai pengadukan dengan kecepatan 100 rpm. Setelah proses adsorpsi selesai, larutan disaring, filtrat dianalisa kadar Cr(III) yang tidak teradsorpsi oleh karbon aktif dengan SSA.

Tahapan proses adsorpsi ion Cr(VI) dengan variasi pH pada rentang 2 hingga 8 dilakukan seperti prosedur untuk Cr(III).

e. Pengaruh Waktu Kontak Adsorpsi

Pengaturan pH pada larutan ion Cr(III) dilakukan menggunakan larutan  $HNO_3$  dan  $KOH$ . Karbon aktif dengan dosis 2g/L dimasukkan ke dalam gelas beker yang telah berisi larutan Cr(III) 50 mg/L. Proses adsorpsi dilakukan dengan pengadukan berkecepatan 100 rpm. Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi waktu 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Setelah proses adsorpsi selesai, larutan disaring dan filtrat dianalisa kadar Cr(III) yang tidak teradsorpsi karbon aktif dengan SSA.

Tahapan proses adsorpsi ion Cr(VI) dengan variasi waktu dilakukan seperti prosedur untuk Cr(III).

f. Studi Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi ion Cr(III) dan ion Cr(VI) diketahui dari pengolahan data pengaruh waktu kontak terhadap proses adsorpsi.

***Halaman ini sengaja dikosongkan***

## **BAB IV PEMBAHASAN**

### **4.1. Karakterisasi Karbon Aktif**

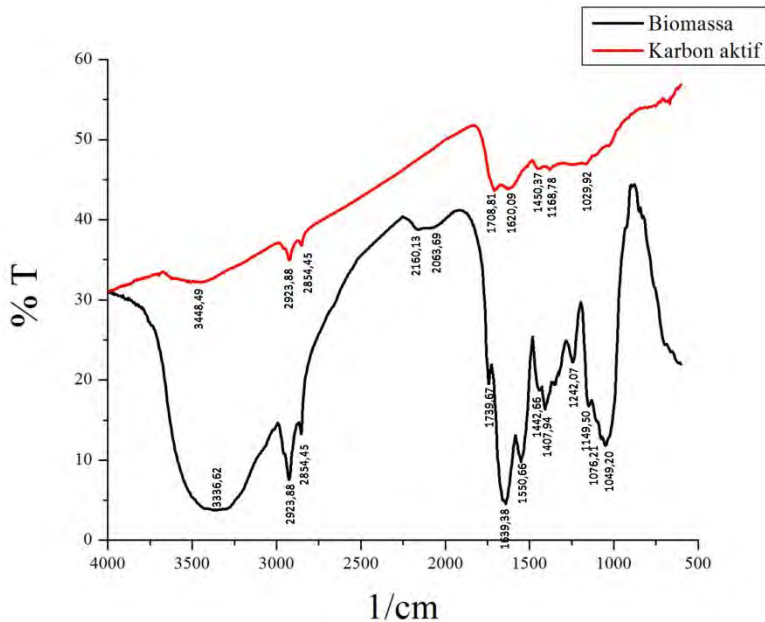
Karbon aktif berhasil dibuat dari biji trembesi yang melalui tiga tahapan, yakni preparasi, aktivasi, dan karbonisasi. Tahapan preparasi sampel meliputi pemilihan biji trembesi yang masih bagus dan utuh, pencucian biji, pengeringan untuk menghilangkan kandungan air dalam biji trembesi, dan penghancuran biji menggunakan *disk mill* hingga menjadi serbuk. Tahapan selanjutnya adalah aktivasi yang bertujuan untuk memperluas permukaan karbon aktif, dengan cara memutus ikatan hidrokarbon dan mengoksidasi molekul-molekul pada permukaan bahan baku karbon aktif (Jamilatun dan Setyawan, 2014). Pada penelitian ini biomassa biji trembesi diaktivasi secara kimia dengan cara direndam dalam larutan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  5% (v/v) selama 24 jam. Tahapan yang terakhir adalah karbonisasi yaitu proses pengubahan bahan baku menjadi karbon. Temperatur yang paling sesuai digunakan dalam proses karbonisasi terhadap bahan yang diaktivasi menggunakan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  adalah dibawah  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Marsh dan Rodríguez-Reinoso, 2006). Pada penelitian ini digunakan temperatur karbonisasi  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 45 menit dengan kenaikan suhu  $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ . Karbonisasi merupakan proses pembakaran yang dilakukan dengan oksigen terbatas sehingga terjadi proses pembakaran tidak sempurna dan terbentuk arang.

#### **4.1.1. Rendemen dan Kadar Air**

Rendemen dan kadar air dari karbon aktif dari biji trembesi dianalisa menggunakan metode gravimetri. Rendemen karbon aktif diperoleh sebesar 16,09 % dan kadar air sebesar 0,28 % (Lampiran C). Menurut SNI tahun 1995 tentang standar kualitas arang aktif menyebutkan bahwa kadar air maksimum untuk arang berbentuk butiran adalah 4,5 %. Sehingga arang aktif dari biji trembesi yang telah dibuat telah sesuai dengan standar kualitas arang dari segi kadar air.

#### 4.1.2. Analisa FTIR

Informasi mengenai struktur kimia dan gugus fungsi pada biomassa biji trembesi dan karbon aktif dari biji trembesi diperoleh dengan analisa menggunakan FTIR. Hasil analisa berupa spektrogram FTIR untuk biomassa biji trembesi dan karbon aktif dari biji trembesi dapat dilihat pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1.** Spektrogram FTIR biomassa biji trembesi dan karbon aktif dari biji trembesi

Spektrogram hasil analisa terhadap biomassa biji trembesi menunjukkan beberapa puncak pada panjang gelombang tertentu yang mengindikasikan adanya gugus fungsi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1. Sedangkan spektrogram FTIR karbon aktif dari biji trembesi mengindikasikan adanya beberapa gugus fungsi seperti pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.1.**Gugus fungsi pada spektrogram FTIR biomassa biji trembesi

Gugus fungsi	Ikatan	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	% Transmittan
Alkohol	C-O	1049,20	11,817
		1076,21	12,682
Amina	C-N	1242,67	22,252
		1149,50	16,754
Aromatik	C=C	1407,94	16,345
		1442,66	18,720
Nitro	-NO <sub>2</sub>	1550,66	9,772
Karbonil	C=O	1639,38	4,563
Ester	R-COOR	1739,67	19,532
Alkuna	C≡C	2160,13	38,770
		2063,69	39,021
Alkana	C-H	2854,45	36,290
		2923,88	7,588
Hidroksil atau amina	-OH -NH	3336,19	3,808



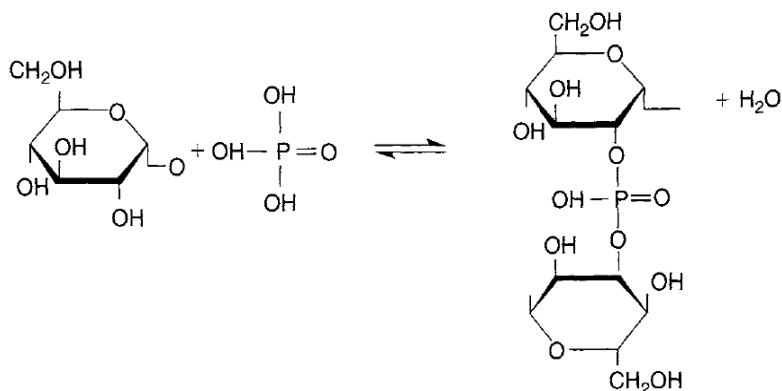
**Tabel 4.2.**Gugus fungsi pada spektrogram FTIR karbon aktif dari biji trembesi

Gugus fungsi	Ikatan	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	% Transmittan
Spesi fosfor	Ikatan hidrogen pada POH POC P-OOH	1029,92	49,207
		1168,78	46,933
Aromatik	C=C	1450,37	46,360
		1620,09	43,934
Karboksilat	C=O	1708,81	43,600
Alkana	C-H	2854,45	36,786
		2923,88	34,970
Hidroksil atau amina	-OH -NH	3448,49	32,152

Puncak-puncak pada spektrogram FTIR karbon aktif lebih sedikit daripada spektrogram FTIR biomassa biji trembesi. Hal ini mengindikasikan bahwa jumlah jenis ikatan pada karbon aktif lebih sedikit dari pada biomassa. Seperti ikatan C-O pada alkohol ( $1049,20 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1076,21 \text{ cm}^{-1}$ ), ikatan C-N pada amina ( $1242,67 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1149,50 \text{ cm}^{-1}$ ), ikatan  $-\text{NO}_2$  ( $1550,66 \text{ cm}^{-1}$ ), ester ( $1739,67 \text{ cm}^{-1}$ ), dan ikatan  $\text{C}\equiv\text{C}$  ( $2160,13 \text{ cm}^{-1}$  dan  $2063,69 \text{ cm}^{-1}$ ) yang muncul pada spektrogram biomassa, tidak ditemui pada spektrogram karbon aktif. Hal ini dikarenakan selama proses karbonisasi memungkinkan hilangnya gugus fungsi atau pemutusan ikatan-ikatan pada biomassa. Sedangkan ikatan C=C aromatik, C=O, C-H, -OH, dan -NH masih tetap dapat ditemui pada karbon aktif. Pada spektrogram FTIR karbon aktif terdapat puncak pada  $1029,92 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1168,78 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan

adanya spesi fosfor berupa ikatan hidrogen pada -POH, ikatan -POC, dan ikatan POOH.

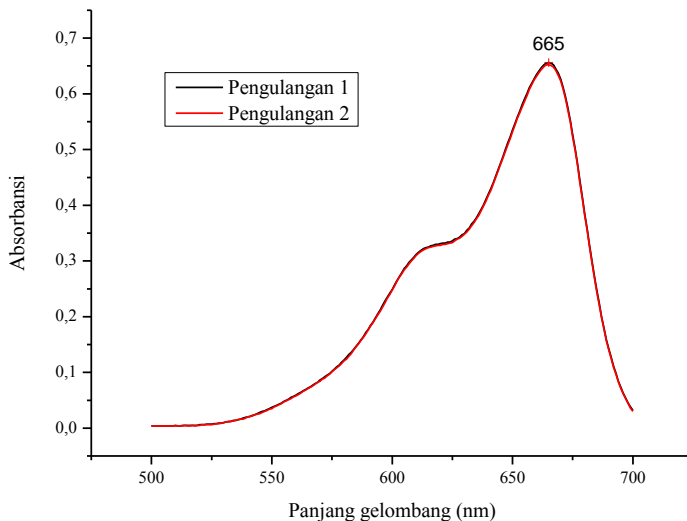
Keberadaan gugus fosfor pada karbon aktif dari biji trembesi yang telah dibuat, dikarenakan proses aktivasi dilakukan dengan asam fosfat. Selama proses aktivasi, terjadi pembentukan ester fosfat dengan persamaan reaksi seperti pada Gambar 4.2. Asam fosfat dapat masuk diantara rantai selulosa, mengganggu ikatan hidrogen yang ada, menggantikan dengan ikatan kimia, dan secara terus menerus memecah-mecah rantai hingga menyebar ke seluruh bagian struktur molekul (Marsh dan Rodríguez-Reinoso, 2006).



**Gambar 4.2.** Reaksi pembentukan ester fosfat melalui proses fosforilasi pada selulosa  
(Marsh dan Rodríguez-Reinoso, 2006)

#### 4.1.3. Analisa Luas Permukaan

Luas permukaan karbon aktif dari biji trembesi ditentukan dengan metode adsorpsi metilen biru. Metilen biru dengan konsentrasi 4 ppm diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 500 -700 nm. Hasil spektogram pada Gambar 4.3, menunjukkan absorbansi terbesar terjadi pada panjang gelombang 665 nm. Sehingga untuk pembuatan kurva standar dan peneliatian selanjutnya, analisa dilakukan pada panjang gelombang 665 nm.



**Gambar 4.3.** Panjang gelombang maksimum metilen biru

Metilen biru dengan konsentrasi 100 ppm diadsorpsi menggunakan karbon aktif kemudian filtratnya dianalisa menggunakan karbon aktif untuk mengetahui absorbansi filtrat. Selanjutnya dihitung konsentrasi metilen biru yang tersisa atau tidak teradsorpsi menggunakan persamaan linier pada kurva

kalibrasi (Lampiran C). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini.

**Tabel 4.3.** Hasil adsorpsi metilen biru menggunakan karbon aktif

Pengulangan ke-	Absorbansi	C sisa (mg/L)
1	0,396	24,4465
2	0,379	23,4236
3	0,374	23,1227

Dari data konsentrasi metilen biru yang tidak teradsorpsi dapat diketahui luas permukaan karbon aktif menggunakan Persamaan 2.1. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa luas permukaan karbon aktif dari biji trembesi sebesar 56,6331 m<sup>2</sup>/g (Lampiran C).

## **4.2. Proses Adsorpsi**

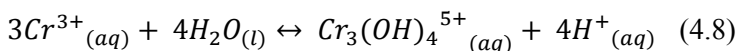
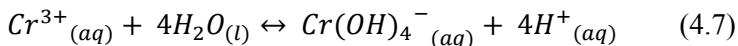
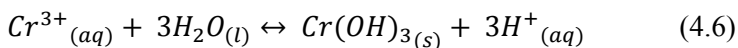
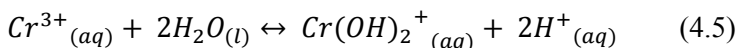
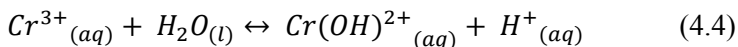
### **4.2.1. Pengaruh pH Larutan Ion Cr(III) dan Cr(VI)**

Derajat keasaman larutan merupakan parameter yang sangat penting pada proses adsorpsi terhadap logam pada larutan. pH larutan dapat mengontrol kapasitas adsorpsi karena dapat mempengaruhi sifat permukaan adsorben dan bentuk ion kromium (Attia et al., 2009). Pada percobaan ini, dilakukan uji pengaruh pH terhadap adsorpsi ion Cr(III) dan Cr(VI). Pengujian dilakukan pada rentang pH 1 hingga 8. Setelah proses adsorpsi berlangsung filtrat didestruksi menggunakan HNO<sub>3</sub> 65%. Filtrat diuji dengan SSA pada panjang gelombang 424,44 nm, arus lampu 5 mA, dan bahan bakar campuran gas asetilena dan udara. Data yang diperoleh diolah untuk mengetahui Cr(III) dan Cr(VI) yang tersisa pada larutan (Lampiran E). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4.** Pengaruh pH terhadap prosentase adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI) (waktu kontak 60 menit, konsentrasi adsorbat = 50 mg/L, dosis karbon aktif = 2 g/L)

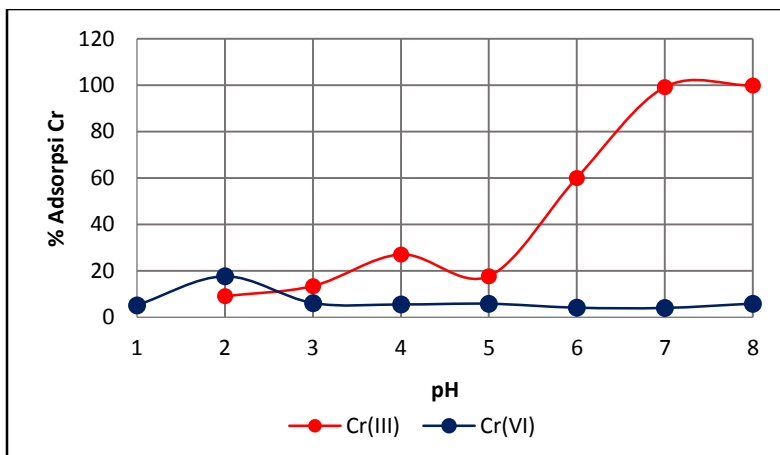
pH	Cr(III)			Cr(VI)		
	Cr Sisa (mg/L)	% Ads	q (mg/g)	Cr Sisa (mg/L)	% Ads	q (mg/g)
1	-	-	-	47,42	5,17	1,29
2	45,46	9,08	2,27	41,18	17,65	4,41
3	43,28	13,45	3,36	46,95	6,11	1,53
4	36,48	27,04	6,76	47,25	5,49	1,37
5	41,17	17,67	4,42	47,10	5,80	1,45
6	19,97	60,06	15,02	49,97	4,09	1,02
7	0,45	99,11	24,78	51,59	3,98	0,99
8	0,10	99,81	24,95	51,40	5,86	1,46

Ion Cr(III) pada suatu larutan memiliki beberapa spesi yang berbeda. yang ditunjukkan pada persamaan berikut.



Dengan adanya berbagai spesi yang berbeda dari Cr(III) dalam larutan dapat memberikan informasi kelimpahan spesi Cr(III) pada

berbagai nilai pH. Pada pH 2 hampir semua Cr(III) ada dalam bentuk  $\text{Cr}^{3+}$ , pada pH 4 spesi yang mendominasi adalah  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$ , dan  $\text{Cr}(\text{OH})_2^+$ , pada pH 6 spesi yang mendominasi adalah  $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$  dan  $\text{Cr}(\text{OH})_2^+$ , sedangkan pada pH 12 spesi yang terbentuk adalah  $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$ . Pengaturan pH pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengatur jumlah proton dalam larutan yang turut mempengaruhi proses adsorpsi.



**Gambar 4.4.** Pengaruh pH terhadap prosentase adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI) (waktu kontak 60 menit, konsentrasi adsorbat = 50 mg/L, dosis karbon aktif = 2 g/L)

Pengaruh pH terhadap adsorpsi Cr(III) diteliti pada pH 2 hingga 8. Hubungan antara pH dengan prosentase Cr(III) yang teradsorpsi dapat dilihat ada Gambar 4.4. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada pH asam prosentase adsorpsi Cr(III) rendah dikarenakan adanya kompetisi antara proton dan ion Cr(III). Selanjutnya prosentase pengurangan ion Cr(III) terus meningkat hingga pH 4. Sehingga dapat dikatakan Cr(III) paling banyak teradsorpsi pada bentuk spesi  $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$ , dan  $\text{Cr}(\text{OH})_2^+$ . Pada pH tersebut Cr(III) terbentuk dalam bentuk kation yaitu dalam bentuk spesi  $\text{Cr}^{3+}$  sedangkan permukaan karbon aktif

bermuatan lebih negatif, sehingga terjadi proses elektrostatik yang mendukung terjadinya adsorpsi. Sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan (Lampiran B), larutan Cr(III) akan mulai mengendap saat pH 4,28. Sehingga untuk percobaan penentuan waktu kontak optimum, digunakan larutan Cr(III) pH 4 sebagai kondisi optimum dengan prosentase Cr(III) teradsorpsi sebesar 27,04 %. Perolehan nilai pH optimum yang sama juga diperoleh pada penelitian adsorpsi Cr(III) menggunakan karbon aktif dari tempurung kelapa yang dilakukan oleh Dinesh Mohan pada tahun 2006.

Untuk hasil penelitian pengaruh pH terhadap adsorpsi ion Cr(VI) dapat dilihat pada Gambar 4.4. Adsorpsi maksimum ion Cr(VI) terjadi saat pH larutan asam yakni pada pH 2. Pada pH lebih rendah atau lebih tinggi dari 2, prosentase penurunan ion Cr(VI) akan menurun. Penurunan nilai prosentase adsorpsi pada pH lebih dari 2 terjadi karena adanya kompetisi antara spesi kromium ( $\text{HCrO}_4^-$  dan  $\text{CrO}_4^{2-}$ ) dengan ion  $\text{OH}^-$ . Selain itu dapat pula disebabkan semakin berkurangnya sifat positif pada permukaan karbon aktif seiring berkurangnya proton. Sedangkan penurunan nilai prosentase adsorpsi Cr(VI) pada pH lebih rendah dari 2 terjadi karena spesi yang mendominasi adalah kromium dalam bentuk netral yakni  $\text{H}_2\text{CrO}_4$ .

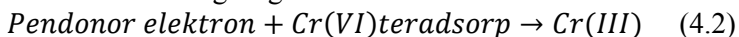
Proses adsorpsi Cr(VI) dapat terjadi melalui dua mekanisme. Mekanisme pertama adalah reduksi langsung, Cr(VI) tereduksi menjadi Cr(III) karena grup pendonor elektron yang terdapat pada permukaan karbon aktif. Selanjutnya Cr(III) membentuk kompleks dengan karbon aktif atau tetap tinggal pada larutan. Sedangkan mekanisme kedua adalah reduksi tidak langsung, yang terjadi di dalam pori karbon aktif. Peristiwa ini terjadi melalui tiga tahapan. Tahap pertama, terjadinya ikatan antara anion  $\text{HCrO}_4^-$  dengan muatan positif pada permukaan karbon aktif. Tahap kedua terjadinya reduksi dari Cr(VI) yang telah teradsorpsi karena berdekatan dengan pendonor elektron seperti  $\text{C}=\text{O}$  atau  $\text{O}-\text{CH}_3$  pada permukaan karbon aktif. Tahapan yang terakhir adalah pelepasan Cr(III) ke larutan karena adanya tolakan

elektronik antara permukaan karbon aktif yang bermuatan positif dengan *surfacebound* dari Cr(III) (Anandkumar dan Mandal, 2009). Mekanisme adsorpsi melalui mekanisme reduksi langsung dan reduksi tidak langsung yang terjadi, secara sederhana digambarkan pada persamaan berikut.

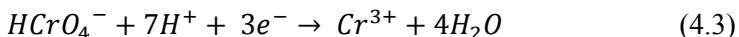
Reduksi langsung:



Reduksi tidak langsung:



Reaksi reduksi:



Sehingga pada untuk studi selanjutnya pH optimum yang dipilih untuk adsorpsi Cr(VI) adalah larutan dengan pH 2 dengan prosentase Cr(VI) teradsorp sebesar 17,65 %. Perolehan pH optimum yang sama juga diperoleh pada penelitian adsorpsi Cr(VI) menggunakan karbon aktif dari kulit kacang yang diaktivasi dengan KOH yang dilakukan oleh AL-Othman dan karbon aktif dari sekam padi yang dilakukan oleh Bishnoi.

#### **4.2.2. Pengaruh Waktu Kontak Proses Adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI)**

Studi terhadap pengaruh waktu kontak dilakukan pada variasi waktu mulai 10 menit hingga diperoleh prosentase adsorpsi terhadap Cr(III) dan Cr(VI) yang konstan. Pada percobaan ini, dilakukan uji pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi ion Cr(III) dan Cr(VI). Pengujian dilakukan pada rentang waktu kontak 10 hingga 150 menit. Setelah proses adsorpsi berlangsung filtrat didestruksi menggunakan HNO<sub>3</sub> 65%. Filtrat diuji dengan SSA pada panjang gelombang 424,44 nm, arus lampu 5 mA, dan bahan bakar campuran gas asetilena dan udara. Data yang diperoleh diolah untuk mengetahui Cr(III) dan Cr(VI) yang tersisa pada

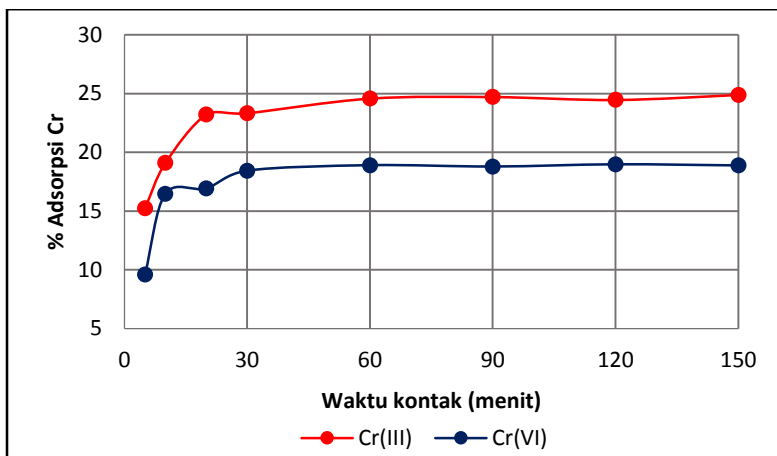


larutan (Lampiran E). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan pola yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.5

**Tabel 4.5.** Pengaruh waktu kontak terhadap prosentase adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI) (pH Cr(III) = 4, pH Cr(VI) = 2, konsentrasi adsorbat = 50 mg/L, dosis karbon aktif = 2 g/L)

Waktu (menit)	Cr(III)			Cr(VI)		
	Cr Sisa (mg/L)	% Ads	q (mg/g)	Cr Sisa (mg/L)	% Ads	q (mg/g)
5	42,37	15,26	3,81	45,20	9,61	2,40
10	40,45	19,11	4,78	41,77	16,47	4,12
20	38,39	23,21	5,80	41,54	16,93	4,23
30	38,33	23,34	5,84	40,78	18,44	4,61
60	37,71	24,59	6,15	40,55	18,91	4,73
90	37,64	24,72	6,18	40,60	18,79	4,70
120	37,77	24,47	6,12	40,51	18,98	4,74
150	37,55	24,90	6,23	40,56	18,89	4,72

Pengaruh waktu kontak terhadap prosentase adsorpsi ion Cr(III) dan Cr(VI) ditunjukkan pada Gambar 4.4. Pada adsorpsi Cr(III), prosentase adsorpsi terus meningkat pada waktu kontak 10, 20, 30, hingga 60 menit. Pada waktu berikutnya prosentase adsorpsi tidak menunjukkan peningkatan. Sehingga waktu kontak maksimum dipilih pada waktu kontak selama 60 menit. Pada adsorpsi Cr(VI), prosentase adsorpsi terus meningkat pada waktu kontak 10, 20, 30, hingga 60 menit. Pada waktu berikutnya prosentase adsorpsi tidak menunjukkan peningkatan. Sehingga waktu kontak maksimum dipilih pada waktu kontak selama 60 menit.

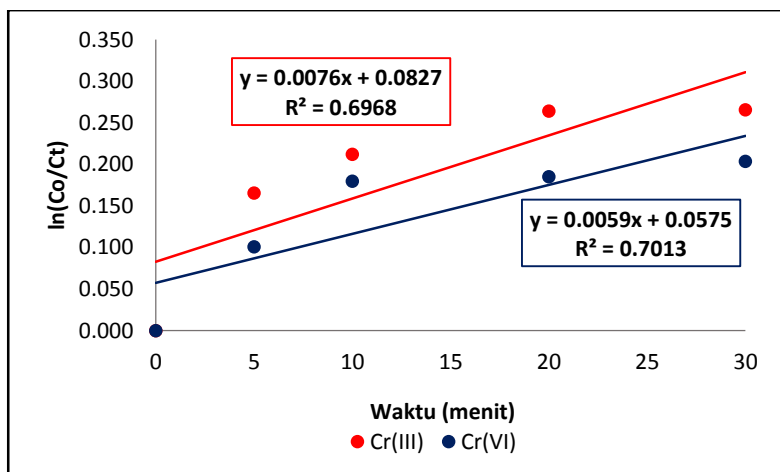


**Gambar 4.5.** Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI) (pH Cr(III) = 4, pH Cr(VI) = 2, konsentrasi adsorbat = 50 mg/L, dosis karbon aktif = 2 g/L)

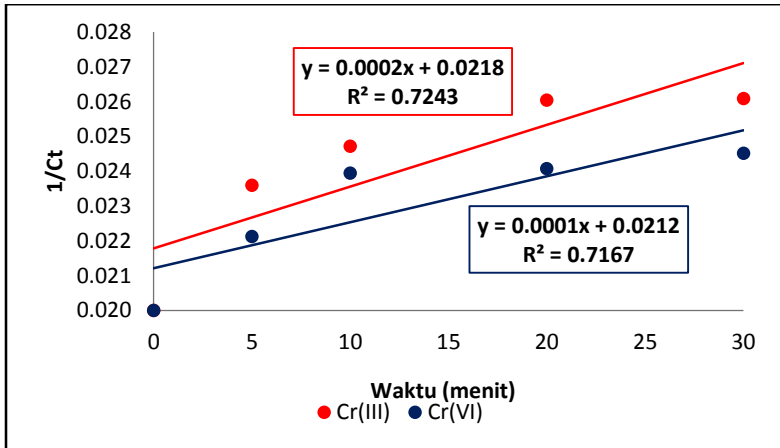
Hasil penelitian pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI) menunjukkan hasil yang relatif sama. Semakin lama waktu kontak karbon aktif dengan adsorbat, dalam hal ini ion Cr(III) dan Cr(VI), maka semakin besar pula penurunan ion Cr(III) dan Cr(VI). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5, prosentase adsorpsi terus meningkat pada seiring bertambahnya waktu kontak antara adsorbat dengan karbon aktif. Hal ini dapat dikarenakan pada awal proses adsorpsi permukaan karbon aktif masih sebagian yang terisi, sehingga adsorbat masih memungkinkan untuk terserap. Namun semakin lama waktu kontak, proses adsorpsi akan mencapai keadaan setimbang. Pada percobaan ini, keadaan setimbang terjadi pada waktu kontak selama 60 menit dengan prosentase adsorpsi sebesar 24,59 % untuk Cr(III) dan 18,91 % untuk Cr(VI). Hal ini dapat terjadi karena permukaan karbon aktif telah terisi atau berikatan dengan adsorbat, sehingga walaupun proses adsorpsi terus dilakukan tidak terjadi peningkatan prosentase adsorpsi.

### 4.3. Kinetika Adsorpsi

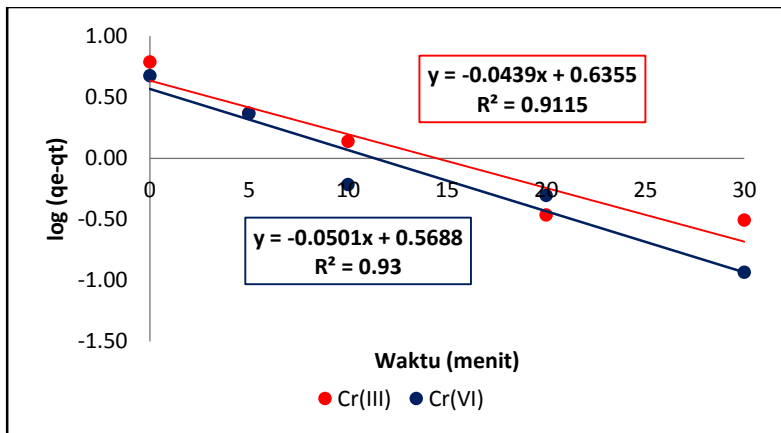
Kinetika adsorpsi dapat mendeskripsikan laju berkurangnya konsentrasi adsorbat pada antar muka padatan-larutan. Kinetika adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI) pada karbon aktif dari biji trembesi dianalisa menggunakan orde satu semu dan orde dua semu. Kesesuaian antara data eksperimen dan model nilai prediksi dapat dilihat dari nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ). Nilai  $R^2$  yang tinggi mengindikasikan bahwa model dapat mendeskripsikan kinetika adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI) (Barkat et al., 2007). Untuk menentukan orde yang sesuai untuk laju adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI) menggunakan karbon aktif dari biji trembesi, dilakukan perhitungan dan pengolahan data adsorpsi variasi waktu kontak pada lampiran F sesuai persamaan pada Tabel 4.3. Studi dilakukan menggunakan model kinetika orde satu, orde dua, orde satu semu, dan orde dua semu.



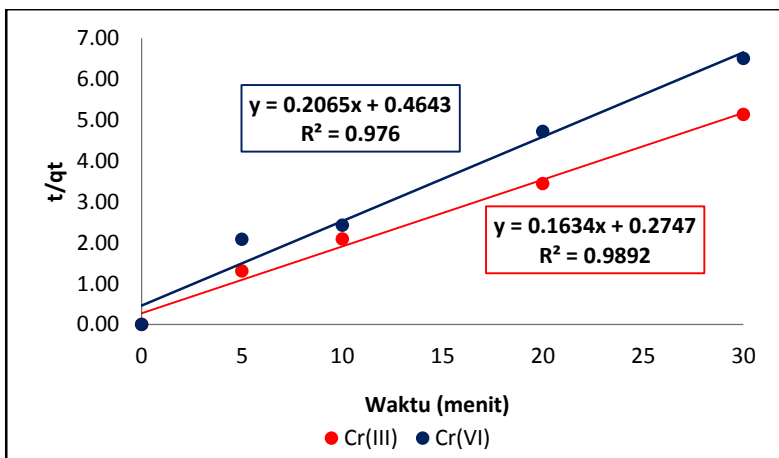
**Gambar 4.6.** Kurva kinetika orde satu adsorpsi ion Cr(III) dan Cr(VI) (pH Cr(III) = 4, pH Cr(VI) = 2, konsentrasi adsorbat = 50 mg/L, dosis karbon aktif = 2 g/L)



**Gambar 4.7.** Kurva kinetika orde dua adsorpsi ion Cr(III) dan Cr(VI) (pH Cr(III) = 4, pH Cr(VI) = 2, konsentrasi adsorbat = 50 mg/L, dosis karbon aktif = 2 g/L)



**Gambar 4.8.** Kurva kinetika orde satu semu adsorpsi ion Cr(III) dan Cr(VI) (pH Cr(III) = 4, pH Cr(VI) = 2, konsentrasi adsorbat = 50 mg/L, dosis karbon aktif = 2 g/L)



**Gambar 4.9.** Kurva kinetika orde dua semu adsorpsi ion Cr(III) dan Cr(VI) (pH Cr(III) = 4, pH Cr(VI) = 2, konsentrasi adsorbat = 50 mg/L, dosis karbon aktif = 2 g/L)

**Tabel 4.6.** Parameter model kinetika adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI)

Model Kinetika	Cr(III)		Cr(VI)	
	k	R <sup>2</sup>	k	R <sup>2</sup>
Orde satu	-0,0076	0,6968	-0,0059	0,7013
Orde dua	0,0002	0,7243	0,0001	0,7167
Orde satu semu	0,0003	0,9115	0,1154	0,9300
Orde dua semu	0,0972	0,9892	0,1042	0,9760

Berdasarkan beberapa kurva model kinetika adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI) pada Gambar 4.6, Gambar 4.7, Gambar 4.8, dan Gambar 4.9 menunjukkan bahwa nilai  $R^2$  yang lebih mendekati nilai 1 adalah pada kurva model kinetika orde dua semu. Maka baik adsorpsi Cr(III) maupun Cr(VI) mengikuti kinetika adsorpsi orde dua semu, dengan masing masing nilai  $k_4$  0,0972 dan 0,1042 (g/mg)menit<sup>-1</sup>. Sehingga dalam proses adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI) dipengaruhi oleh adsorben dan adsorbat. Hasil yang sama juga

diperoleh pada proses adsorpsi Cr(III) menggunakan karbon aktif dari jerami gerst dan jerami gandum yang dilakukan oleh Mohan. Sedangkan untuk kinetika adsorpsi Cr(VI), hasil yang sama juga diperoleh pada proses adsorpsi menggunakan karbon aktif dari serbuk kayu *Havea Brasilinesis* yang dilakukan oleh Karthikeyen dan karbon aktif dari cangkang buah *bael* yang dilakukan oleh Anandkumar.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan pembahasan dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan:

1. Karbon aktif yang dibuat dari biji trembesi, diaktivasi menggunakan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  5%, suhu aktivasi  $300^\circ\text{C}$  selama 45 menit memiliki karakteristik sebagai berikut:
  - a. Kadar air sebesar 0,28 %
  - b. Rendemen sebesar 16,09 %
  - c. Memiliki gugusaromatik, karboksilat, alkana, amina, hidroksil, dan spesi fosfor
  - d. Luas permukaan  $56,6331 \text{ m}^2/\text{g}$
2. Adsorpsi Cr(III) optimum terjadi pada pH 4 dengan prosentase adsorpsi sebesar 27,04 %, dan waktu kontak selama 60 menit dengan prosentase adsorpsi sebesar 24,59 %. Kinetika adsorpsi Cr(III) menggunakan karbon aktif dari biji trembesi mengikuti model orde dua semu, dengan nilai  $k_4$  sebesar  $0,0972(\text{g/mg})/\text{menit}$ .
3. Adsorpsi Cr(VI) optimum terjadi pada pH 2 dengan prosentase adsorpsi sebesar 17,65 %, dan waktu kontak selama 60 menit dengan prosentase adsorpsi sebesar 18,91 %. Kinetika adsorpsi Cr(VI) menggunakan karbon aktif dari biji trembesi mengikuti model orde dua semu, dengan nilai  $k_4$  sebesar  $0,0918(\text{g/mg})/\text{menit}$ .



## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Othman Z. A., Ali R. and Naushad M. (2012) Hexavalent chromium removal from aqueous medium by activated carbon prepared from peanut shell: Adsorption kinetics, equilibrium and thermodynamic studies. *Chem. Eng. J.***184**, 238–247.
- Anandkumar J. and Mandal B. (2009) Removal of Cr(VI) from aqueous solution using Bael fruit (*Aegle marmelos correa*) shell as an adsorbent. *J. Hazard. Mater.***168**, 633–640.
- Asmadi, Sutrisno E. and Oktiawan W. (2009) Pengurangan Chrom (Cr) dalam Limbah Cair Industri Kulit pada Proses Tannery Menggunakan Senyawa Alkali  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaOH}$  dan  $\text{NaHCO}_3$  (Studi Kasus PT. Trimulyo Kencana Mas Semarang). *JAI***5**.
- Attia A. A., Khedr S. A. and Elkholy S. A. (2009) Adsorption of Chromium Ion (VI) by Acid Activated Carbon. *Braz. J. Chem. Eng.***27**.
- Barkat M., Nibou D., Chegrouche S. and Mellah A. (2007) Kinetics and Thermodynamics Studies of Chromium(VI) Ions Adsorption onto Activated Carbon from Aqueous Solutions. *Chem. Engineering Process.***48**, 38–47.
- Chand R., Watari T., Inoue K., Luitel N. N. and Yada M. (2009a) Chemical modification of carbonized wheat and barley straw using  $\text{HNO}_3$  and the adsorption of Cr(III). *Sep. Dan Purif. J.***163**, 319–324.
- Chand R., Watari T., Inoue K., Torikai T. and Yada M. (2009b) Evaluation of wheat straw and barley straw carbon for Cr(VI) adsorption. *Sep. Purif. Technol.***65**, 331–336.

- Chang H., Su C., Lo C.-H. and Chen L.-C. (2004) Photodecomposition and Surface Adsorption of Methylene Blue on TiO<sub>2</sub> Nanofluid Prepared by ASNSS. *Mater. Trans.***45**.
- Correa R. F., Giraldo L. and Pirajan J. C. M. (2013) Trivalent chromium removal from aqueous solution with physically and chemically modified corncob waste. *J. Anal. Appl. Pyrolysis***01**, 132–141.
- Ho Y. S. and McKay G. (1999) Pseudo-second order model for sorption processes. *Process Biochem.***34**, 451–465.
- Jamilatun S. and Setyawan M. (2014) Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair. *Spektrum Ind.***12**, 1–112.
- Kaouah F., Boumaza S., Berrama T., Trati M. and Zoubida B. (2013) Preparation and characterization of activated carbon from wild olive cores (oleaster) by H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> for the removal of Basic Red 46. *J. Clean. Prod.***54**, 296–306.
- Kinoshita K. (1988) *Carbon: Electrochemical and Physicochemical Properties.*, A Wiley-Interscience Publication.
- Kolasinski K. W. (2012) *Surface Science: Foundations of catalysis and Nanoscience.* Ketiga., A John Willey and Sons, Ltd., Publications, Sussex.
- Kumral E. (2007) Speciation of Chromium in Waters Via Sol-Gel Preconcentration Prior to Atomic Spectrometric Determination. Thesis, Izmir Institute of Technology.
- Kurniawan T. A., Chan G. Y. S., Lo W. and Babel S. (2005) Comparisons of low-cost adsorbents for treating

- wastewaters laden with heavy metals. *Sci. Total Environ.***366**, 406–426.
- Kurniawati P., Wiyantoko B., Kurniwan A. and Purbaningtias T. E. (2013) Kinetic Study of Cr(VI) Adsorption on Hydrotalcite Mg/Al with Molar Ratio 2:1. *Eksakta***13**, 11–21.
- Marsh H. and Rodríguez-Reinoso F. (2006) *Activated Carbon.*, Elsevier Science Ltd.
- McCash E. M. (2000) *Surface Chemistry.*, Oxford University Press, New York.
- Mohan D. and Pittman Jr. C. U. (2006) Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of tri- and hexavalent chromium from water. *J. Hazard. Mater.***137**, 762–811.
- Mohan D., Singh K. P. and Singh V. K. (2006) Trivalent chromium removal from wastewater using low cost activated carbon derived from agricultural waste material and activated carbon fabric cloth. *Elsevier***135**, 280–295.
- Mulja M. and Sudarman (1995) *Analisis Instrumental.*, Airlangga University Press.
- Orwa C., A M., Kindt R., Jamnadass R. and S A. (2009) Alibizia Saman. *Agrofor. Database***4.0**, 1–5.
- Owlad M., Aroua M. K. and Wan Daud W. M. A. (2010) Hexavalent chromium adsorption on impregnated palm shell activated carbon with polyethyleneimine. *Bioresour. Technol.***101**, 5098–5103.
- Pari G., Santoso A. and Hendra D. (2006) Pembuatan dan Pemanfaatan Arang Aktif Sebagai Reduktor Emisi

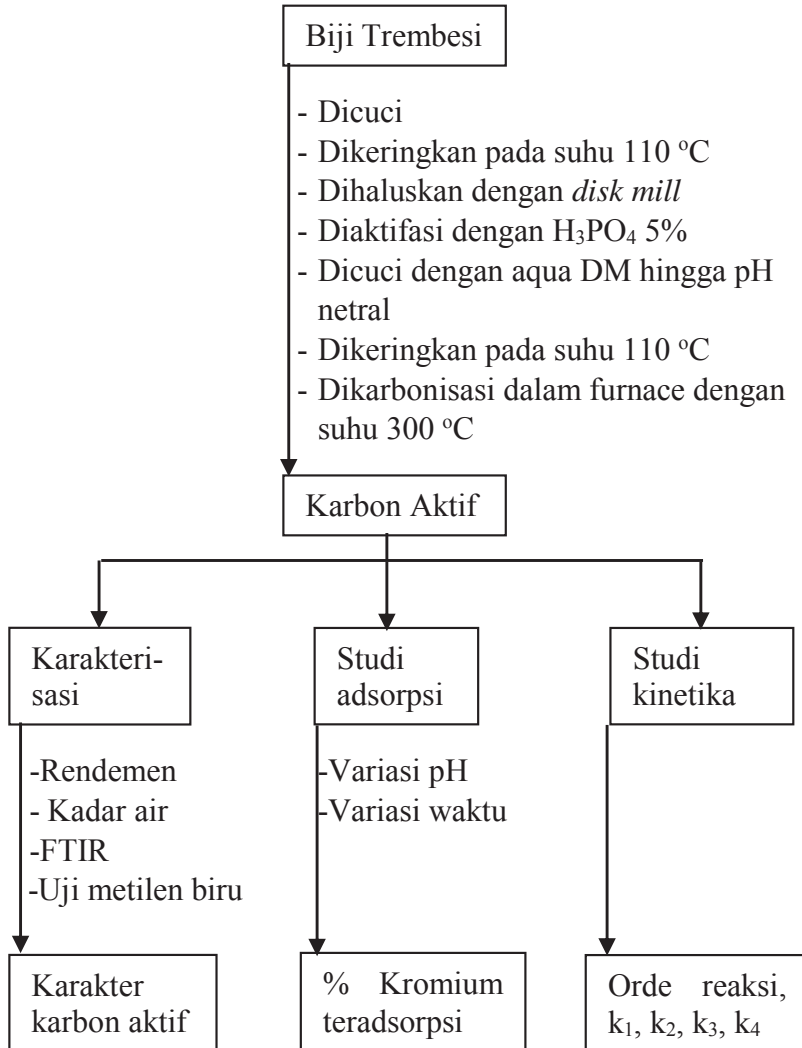
- Formaldehida Kayu Lapis. *Pus. Penelit. Has. Hutan***24**, 425–436.
- R.A. Day J. and A. L. Undewood (2002) *Analisis Kimia Kuantitatif*. Keenam., Erlangga, Jakarta.
- Robinson J. W. (1990) *Atomic Spectroscopy*., Marcel Dekker, Inc, New York.
- Rouessac F. and Rouessac A. (2007) *Chemical Analysis: Modern Instrumentation Methods and Technique*. Kedua., John Willey and Sons, Ltd.
- Rouquerol F., Rouquerol J. and Sing K. S. W. (2014) 2 - Thermodynamics of Adsorption at the Gas/Solid Interface. In *Adsorption by Powders and Porous Solids (Second Edition)* (ed. F. R. R. S. W. S. L. Maurin). Academic Press, Oxford. pp. 25–56.
- Schmidt L. H. (2008) Samea saman (Jacquin) Merrill. *Seed Leaf***143**, 1–3.
- Skoog D. A., West D. M., Holler F. J. and Crouch S. R. (2004) *Fundamentals of Analytical Chemistry*. Keenam., Brooks/Cole, Belmont.
- Staples G. W. and Elevitch C. R. (2006) Samanea saman (rain tree). *Species Profiles Pac. Isl. Agrofor*.
- Sugiyarto K. H. and Suyanti R. D. (2010) *Kimia Anorganik Logam*. Pertama., Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Suhendarwati L., Bambang S. and Susanawati L. D. (2013) Pengaruh Konsentrasi Larutan Kalium Hidroksida pada Abu Dasar Ampas Tebu Teraksivasi. *J. Sumberd. Alam Dan Lingkungan*.

- Sulistyowati and Ulfin I. (2012) Pemanfaatan Karbon Aktif Biji Asam (Tamarindus Indica L.) untuk Penurunan Kadar Cr(IV) Menggunakan Metode Batch. *J. Tek. POMITS***1**, 1–4.
- YC. D. and Samun T. (2008) Pengaruh Aktivasi Karbon dari Sekam Padi pada Proses Adsorpsi Logam Cr(VI). *Ekulibrium***7**, 13–16.

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran A	Skema kerja	51
Lampiran B	Pembuatan larutan dan perhitungan	52
Lampiran C	Karakterisasi karbon aktif	56
Lampiran D	Pembuatan kurva kalibrasi	58
Lampiran E	Proses adsorpsi	60
Lampiran F	Kinetika adsorpsi	66

## LAMPIRAN A SKEMA KERJA



## **LAMPIRAN B**

### **PEMBUATAN LARUTAN dan PERHITUNGAN**

#### **B.1. Pembuatan Asam Fosfat 5% (v/v)**

Larutan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  5% (v/v) dibuat dengan cara mengambil 14,7 mL larutan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  85% menggunakan buret lalu diencerkan dalam labu ukur 250 mL dengan aqua DM hingga tanda batas.

#### **B.2. Pembuatan Larutan Kalium Hidroksida 1M**

Padatan KOH ditimbang 5,6278 gram dan dilarutkan dengan 50 mL aqua DM dalam gelas beker lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan hingga tanda batas.

#### **B.3. Pembuatan Asam Nitrat 10% (v/v)**

Larutan  $\text{HNO}_3$  65% dipipet 7,7 mL kemudian diencerkan di dalam labu ukur 50 mL dengan aqua DM hingga tanda batas.

#### **B.4. Pembuatan Larutan Metilen Biru**

Larutan metilen biru 100 mg/L dibuat dengan melarutkan 0,0252 mg padatan metilen biru dengan aqua DM hingga 250 mL. Sedangkan untuk larutan standar metilen biru konsentrasi 2, 4, 6, 8, dan 10 mg/L dibuat dengan mengencerkan larutan metilen biru 100 mg/L.

#### **B.5. Pembuatan Larutan Induk Ion Cr(III) dan Ion Cr(VI)**

Larutan induk ion Cr(III) 1000 mg/L dibuat dengan melarutkan 7,6952 gram padatan  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  dengan aqua DM hingga 1000 mL. Sedangkan larutan induk ion Cr(VI) 1000 mg/L dibuat dengan melarutkan 2,8288 gram padatan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dengan aqua DM hingga 1000 mL.

#### **B.6. Pembuatan Larutan Standar Ion Cr(III) dan Cr(VI)**

Larutan Cr(III) dan larutan Cr(VI) masing-masing dengan konsentrasi 20, 30, 40, dan 50 mg/L dibuat dengan mengencerkan larutan induk Cr(III) dan Cr(VI) 1000 mg/L.



## LAMPIRAN C

### KARAKTERISASI KARBON AKTIF

#### C.1. Perhitungan Rendemen Karbon Aktif

Rendemen karbon aktif dihitung menggunakan data massa biomassa awal dan massa karbon aktif.

Diketahui:

Massa biomassa = 44,9981 gram

Massa karbon aktif = 7,2402 gram

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Massa karbon aktif}}{\text{Massa biomassa}} \times 100 \%$$

$$\text{Rendemen} = \frac{7,2402 \text{ gram}}{44,9981 \text{ gram}} \times 100 \%$$

$$\text{Rendemen} = 16,09 \%$$

#### C.2. Perhitungan Kadar Air

Kadar air karbon aktif dihitung menggunakan data massa karbon aktif sebelum dan setelah dikeringkan hingga massa konstan.

Diketahui:

Massa awal karbon aktif = 7,2402 gram

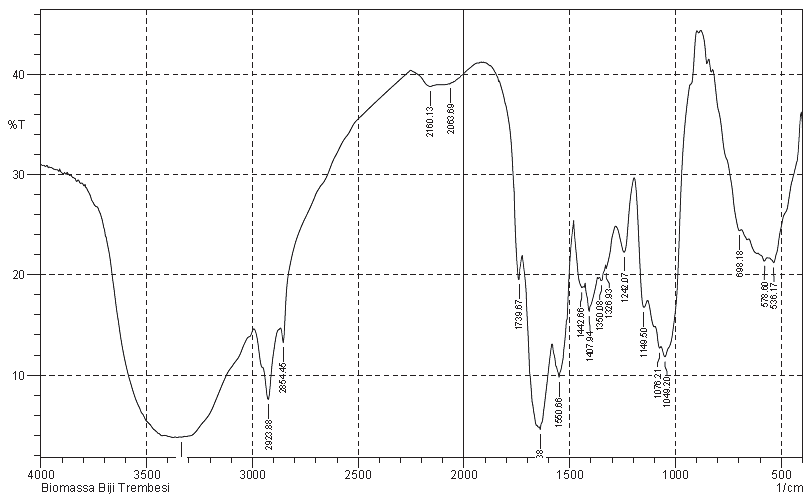
Massa akhir karbon aktif = 7,2198 gram

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{Massa awal} - \text{Massa akhir}}{\text{Massa awal}} \times 100 \%$$

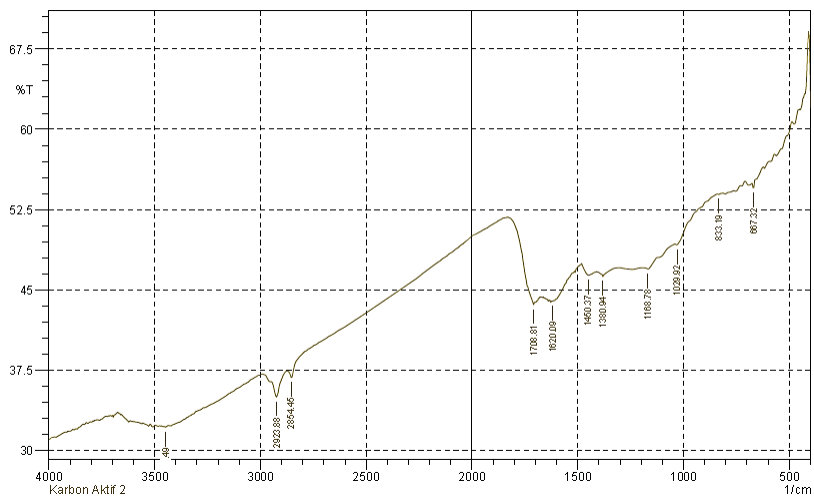
$$\text{Kadar air} = \frac{7,2402 \text{ gram} - 7,2198 \text{ gram}}{7,2402 \text{ gram}} \times 100 \%$$

$$\text{Kadar air} = 0,28 \%$$

### C.3. Spektogram FTIR



**Gambar C.1.** Spektogram FTIR biomassa biji trembesi



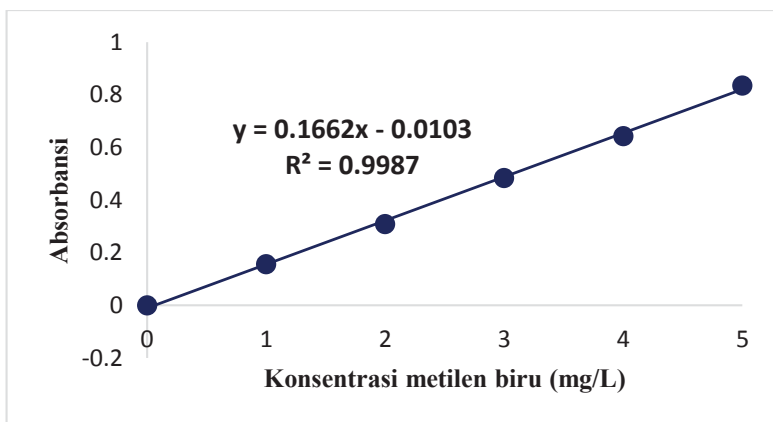
**Gambar C.2.** Spektogram FTIR karbon aktif

#### C.4. Perhitungan Luas Permukaan Karbon Aktif

Larutan metilen biru 4 mg/L diukur adsorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 500 hingga 700 nm. Absorbansi maksimum terjadi pada panjang gelombang 665 nm. Kurva kalibrasi dibuat dengan menganalisa absorbansi larutan metilen biru konsentrasi 2, 4, 6, 8, dan 10 mg/L menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Berikut adalah data yang diperoleh setelah pengukuran.

**Tabel C.1.** Hasil analisa metilen biru menggunakan spektrofotometer Uv-Vis

Konsentrasi Metilen Biru (mg/L)	Abs
0	0,000
1	0,157
2	0,309
3	0,485
4	0,644
5	0,836



**Gambar C.3.** Kurva kalibrasi metilen biru

Dari data pada Tabel C.1. dapat dibuat grafik kurva kalibrasi pada Gambar C.3. dengan persamaan linier  $y = 0,1765x - 0,0307$  dengan  $R^2 = 0,9971$ . Selanjutnya, filtrat hasil adsorpsi karbon aktif terhadap larutan metilen biru 100 mg/L dianalisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 665 nm. Nilai absorbansi yang diperoleh digunakan untuk menghitung konsentrasi metilen biru yang tidak teradsorpsi di dalam filtrat dengan menggunakan persamaan linier kurva kalibrasi dan diperoleh perhitungan sebagai berikut.

$$y = 0,166x - 0,010$$

$$0,396 = 0,166x - 0,010$$

$$x = 2,4446$$

dengan cara yang sama diperoleh konsentrasi metilen biru yang tidak teradsorpsi seperti pada Tabel C.2.

**Tabel C.2.** Konsentrasi metilen biru sisa

Pengulangan ke-	Abs	FP	C sisa
1	0,396	10	24,4465
2	0,379	10	23,4236
3	0,374	10	22,1227
Rata-rata			23,6643

Selanjutnya dihitung kapasitas adsorpsi metilen biru.

$$q = \frac{(C_{awal} - C_{sisa}) \times V}{m}$$

$$q = \frac{(100 \text{ mg/L} - 23,6643 \text{ mg/L}) \times 0,02 \text{ L}}{0,1 \text{ g}}$$

$$q = 15,1107 \text{ mg/g} \approx 0,0151107 \text{ g/g}$$

Sehingga luas permukaan karbon aktif pada setiap gramnya dihitung sebagai berikut.

$$S = \frac{q \times N \times A}{Mr}$$

$$S = \frac{0,0151107 \text{ g/g} \times 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \times 197 \times 10^{-20} \text{ m}^2}{320,5 \text{ g/mol}}$$

$$S = 56,6331 \text{ m}^2/\text{g}$$

## LAMPIRAN D

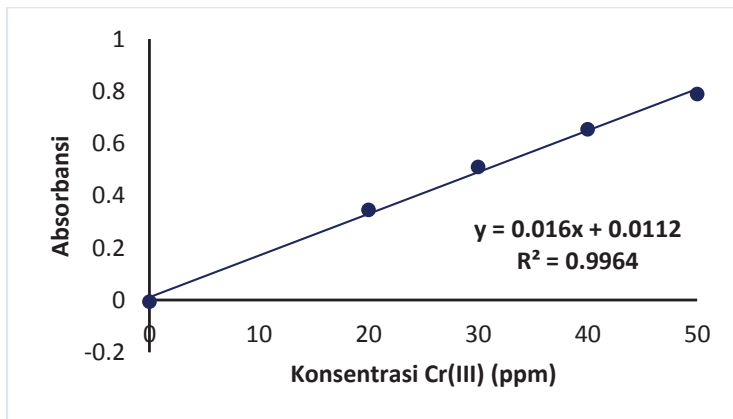
### PEMBUATAN KURVA KALIBRASI

Pembuatan kurva kalibrasi untuk analisa Cr(III) menggunakan larutan ion Cr(III) dengan konsentrasi 0, 20, 30, 40, dan 50 mg/L yang diukur absorbansinya menggunakan SSA pada panjang gelombang 424,44 nm, arus lampu 5 mA, dan bahan bakar campuran gas asetilena dan udara. Berikut adalah data yang diperoleh setelah pengukuran.

**Tabel D.1.** Konsentrasi Larutan Cr(III) untuk kurva kalibrasi

Konsentrasi Cr(III) (mg/L)	Absorbansi
0	0,0065
20	0,3457
30	0,5102
40	0,6535
50	0,7889

Dari data tersebut dapat dibuat kurva kalibrasi dengan persamaan linier  $y = 0,016x + 0,0112$  dengan  $R^2 = 0,9964$ .



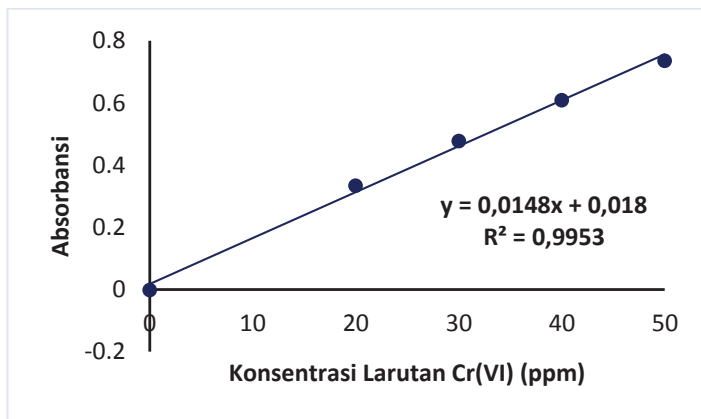
**Gambar D.1.** Kurva kalibrasi Cr(III)

Pembuatan kurva kalibrasi untuk analisa Cr(VI) menggunakan larutan ion Cr(VI) dengan konsentrasi 0, 20, 30, 40, dan 50 mg/L yang diukur absorbansinya menggunakan SSA pada panjang gelombang 424,44 nm, arus lampu 5 mA, dan bahan bakar campuran gas asetilena dan udara. Berikut adalah data yang diperoleh setelah pengukuran.

**Tabel D.2.** Konsentrasi larutan Cr(VI) untuk kurva kalibrasi

Konsentrasi Cr(VI) (mg/L)	Absorbansi
0	0,0018
20	0,3341
30	0,4784
40	0,6093
50	0,7362

Dari data tersebut dapat dibuat kurva kalibrasi dengan persamaan linier  $y = 0,0148x + 0,018$  dengan  $R^2 = 0,9953$ .



**Gambar D.2.** Kurva kalibrasi Cr(VI)

## LAMPIRAN E

### PROSES ADSORPSI

Konsentrasi ion Cr(III) yang tidak teradsorpsi dalam filtrat dapat dianalisa dengan SSA dan dihitung dengan menggunakan persamaan dari kurva kalibrasi pada lampiran D.

Misal pada percobaan adsorpsi ion Cr(III) dengan konsentrasi awal 50 mg/L pada pH 2, diadsorpsi dengan 0,002 g karbon aktif dari biji trembesi, waktu kontak 60 menit. Filtrat hasil adsorpsi dianalisa menggunakan SSA dan diperoleh nilai absorbansi 0,7421. Dengan menggunakan persamaan kalibrasi, maka akan diketahui konsentrasi Cr(VI) yang tidak teradsorpsi.

$$y = 0,016x + 0,0112$$

$$0,7421 = 0,016x + 0,0112$$

$$x = 45,6813$$

Dengan diketahuinya konsentarsi Cr(VI) yang tersisa maka dapat dihitung prosentase adsorpsi Cr(VI).

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{C_{\text{teradsorp}}}{C_{\text{awal}}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{C_{\text{awal}} - C_{\text{sisia}}}{C_{\text{awal}}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{50 \text{ mg/L} - 45,6813 \text{ mg/L}}{50 \text{ mg/L}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Adsorpsi} = 8,64\%$$



Kapasitas adsorpsi ( $q$ ) dapat dihitung sebagai berikut.

$$q = \frac{(C_{awal} - C_{sisa}) \times V}{m}$$

$$q = \frac{(50 \text{ mg/L} - 45,6813 \text{ mg/L}) \times 0,01 \text{ L}}{0,02 \text{ g}}$$

$$q = 22,84 \text{ mg/g}$$

Dengan cara perhitungan yang sama, dihitung konsentrasi Cr(III) yang tersisa dan prosentasi adsorpsi ion Cr(III) pada pH 3, 4, 5, 6, 7, dan 8 serta untuk percobaan dengan variasi waktu kontak. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel E.1 dan E.2.

Begitu pula untuk percobaan menggunakan ion Cr(VI), prosentase adsorpsi dapat dihitung dengan cara yang sama. Persamaan kurva kalibrasi yang digunakan adalah  $y = 0,0148x + 0,018$ . Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel E.3 dan E.4.

**Tabel E.1** Hasil analisa pengaruh pH terhadap adsorpsi Cr(III)

pH	Abs	C <sub>sis</sub> a (mg/L)	C <sub>Teradsorpsi</sub> (mg/L)	% Ads	$\overline{\% \text{ Ads}}$	q (mg/g)	$\overline{q}$ (mg/g)
2	0,7421	45,6813	4,3188	8,64	9,08	22,84	22,73
	0,7351	45,2438	4,7563	9,51		22,62	
3	0,7021	43,1813	6,8188	13,64	13,45	21,59	21,64
	0,7051	43,3688	6,6313	13,26		21,68	
4	0,5899	36,1688	13,8313	27,66	27,04	18,08	18,24
	0,5999	36,7938	13,2063	26,41		18,40	
5	0,6434	39,5125	10,4875	20,98	17,67	19,76	20,58
	0,6963	42,8188	7,1813	14,36		21,41	
6	0,3315	20,0188	29,9813	59,96	60,06	10,01	9,98
	0,3299	19,9188	30,0813	60,16		9,96	
7	0,0154	0,2625	49,7375	99,48	99,11	0,13	0,22
	0,0213	0,6313	49,3688	98,74		0,32	
8	0,0113	0,0062	49,9938	99,99	99,81	0,00	0,05
	0,0142	0,1875	49,8125	99,63		0,09	

**Tabel E.2** Hasil analisa pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi Cr(III)

Waktu	Ads	C <sub>sis</sub> a (mg/L)	C <sub>Teradsorp</sub> (mg/L)	% Ads	% Ads	q (mg/g)	$\bar{q}$ (mg/g)
5	0,6915	42,5188	7,4813	14,96	15,26	21,26	21,19
	0,6868	42,2250	7,7750	15,55		21,11	
10	0,6576	40,4000	9,6000	19,20	19,11	20,20	20,22
	0,6591	40,4938	9,5063	19,01		20,25	
20	0,6200	38,0500	11,9500	23,90	23,21	19,03	19,20
	0,6310	38,7375	11,2625	22,53		19,37	
30	0,6181	37,9313	12,0688	24,14	23,34	18,97	19,16
	0,6308	38,7250	11,2750	22,55		19,36	
60	0,6138	37,6625	12,3375	24,68	24,59	18,83	18,85
	0,6152	37,7500	12,2500	24,50		18,88	
90	0,6123	37,5688	12,4313	24,86	24,72	18,78	18,82
	0,6146	37,7125	12,2875	24,58		18,86	
120	0,6186	37,9625	12,0375	24,08	24,47	18,98	18,88
	0,6123	37,5688	12,4313	24,86		18,78	
150	0,6150	37,7375	12,2625	24,53	24,90	18,87	18,78
	0,6090	37,3625	12,6375	25,28		18,68	

**Tabel E.3** Hasil analisa pengaruh pH terhadap adsorpsi Cr(VI)

pH	Abs	C <sub>sis</sub> a (mg/L)	C <sub>Teradsorpsi</sub> (mg/L)	% Ads	$\bar{\% Ads}$	q (mg/g)	$\bar{q}$ (mg/g)
1	0,7141	47,0338	2,9662	5,93	5,17	23,52	23,71
	0,7254	47,7973	2,2027	4,41		23,90	
2	0,6334	41,5811	8,4189	16,84	17,65	20,79	20,59
	0,6214	40,7703	9,2297	18,46		20,39	
3	0,7102	46,7703	3,2297	6,46	6,11	23,39	23,47
	0,7154	47,1216	2,8784	5,76		23,56	
4	0,7120	46,8919	3,1081	6,22	5,49	23,45	23,63
	0,7227	47,6149	2,3851	4,77		23,81	
5	0,7190	47,3649	2,6351	5,27	5,80	23,68	23,55
	0,7111	46,8311	3,1689	6,34		23,42	
6	0,7548	49,7838	0,2162	0,43	4,09	0,38	0,36
	0,7007	46,1284	3,8716	7,74		0,35	
7	0,7340	48,3784	1,6216	3,24	3,98	0,37	0,36
	0,7231	47,6419	2,3581	4,72		0,36	
8	0,7111	46,8311	3,1689	6,34	5,86	0,36	0,36
	0,7182	47,3108	2,6892	5,38		0,36	

**Tabel E.4** Hasil analisa pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi Cr(VI)

Waktu	Ads	C <sub>sis</sub> a (mg/L)	C <sub>Teradsorp</sub> (mg/L)	% Ads	% Ads	q (mg/g)	$\bar{q}$ (mg/g)
5	0,6779	44,5878	5,4122	10,82	9,61	22,29	22,60
	0,6967	45,8041	4,1959	8,39		22,90	
10	0,6354	41,7162	8,2838	16,57	16,47	20,86	20,88
	0,6377	41,8176	8,1824	16,36		20,91	
20	0,6348	41,6757	8,3243	16,65	16,93	20,84	20,77
	0,6315	41,3986	8,6014	17,20		20,70	
30	0,6206	40,7162	9,2838	18,57	18,44	20,36	20,39
	0,6233	40,8446	9,1554	18,31		20,42	
60	0,6193	40,6284	9,3716	18,74	18,91	20,31	20,27
	0,6177	40,4662	9,5338	19,07		20,23	
90	0,6220	40,8108	9,1892	18,38	18,79	20,41	20,30
	0,6167	40,3986	9,6014	19,20		20,20	
120	0,6189	40,6014	9,3986	18,80	18,98	20,30	20,26
	0,6170	40,4189	9,5811	19,16		20,21	
150	0,6188	40,5946	9,4054	18,81	18,89	20,30	20,28
	0,6185	40,5203	9,4797	18,96		20,26	

## LAMPIRAN F

### KINETIKA ADSORPSI

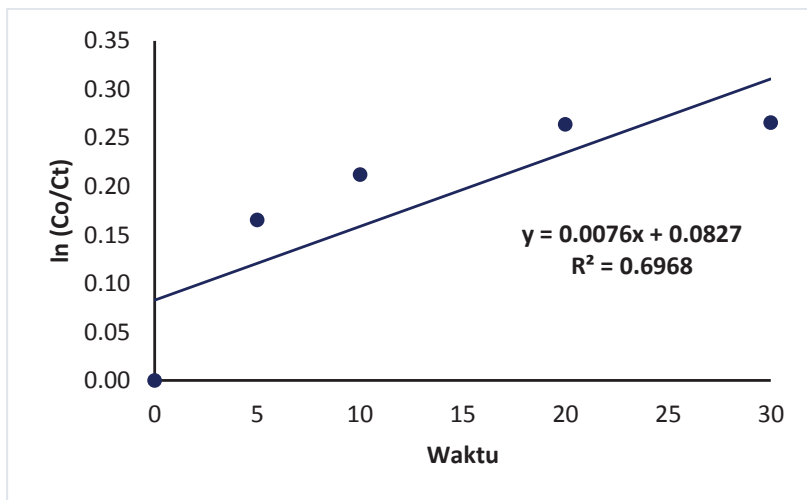
#### F.1. Kinetika Adsorpsi Cr(III)

Kinetika adsorpsi Cr(III) dihitung dari data pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi pada Lampiran E.

#### Kinetika Orde Satu

**Tabel F.1.** Hasil perhitungan orde satu adsorpsi Cr(III)

Waktu	$C_t$	$\ln C_0/C_t$
0	50,0000	0,000
5	42,3719	0,166
10	40,4469	0,212
20	38,3938	0,264
30	38,3281	0,266



**Gambar F.1.** Kurva kinetika orde satu adsorpsi Cr(III)

Berdasarkan grafik F.1 didapatkan persamaan garis  $y = 0,0076x + 0,0827$ . Maka dapat dihitung nilai  $k_1$  dengan persamaan berikut:

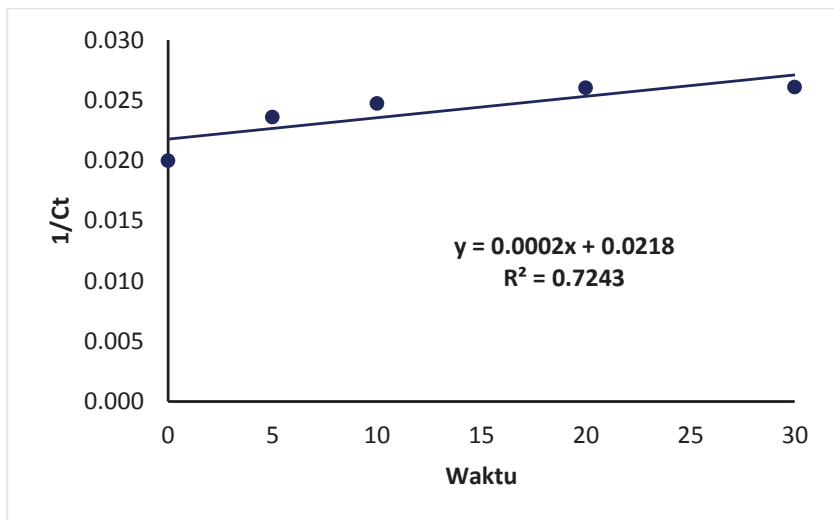
$$\ln C_t = -k_1 t + \ln C_0$$

$$k_1 = -0,0076 \text{ menit}^{-1}$$

### Kinetika Orde Dua

**Tabel F.2.** Hasil perhitungan orde dua adsorpsi Cr(III)

Waktu	$C_t$	$1/C_t$
0	50,0000	0,020
5	42,3719	0,024
10	40,4469	0,025
20	38,3938	0,026
30	38,3281	0,026



**Gambar F.2.** Kurva kinetika orde satu adsorpsi Cr(III)

Berdasarkan grafik F.2. didapatkan persamaan garis  $y = 0,0002x + 0,0218$ . Maka dapat dihitung nilai  $k_2$  dengan persamaan berikut:

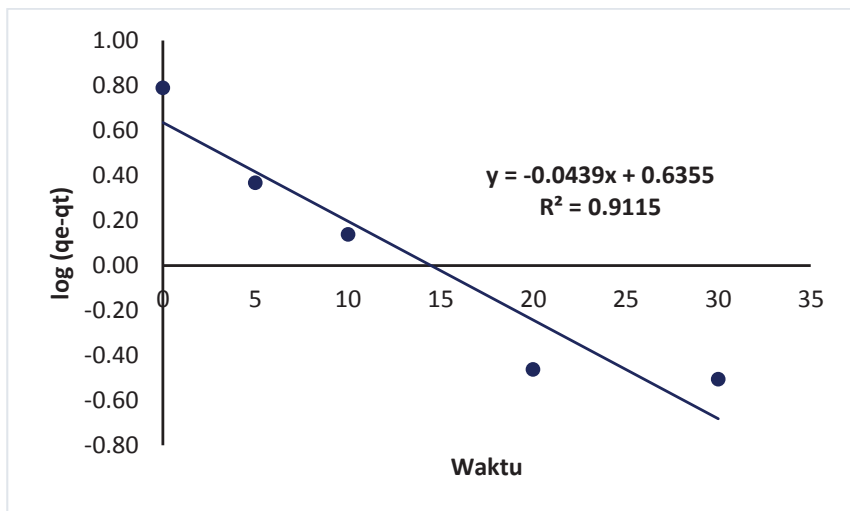
$$\frac{1}{C_t} = k_2 t + \frac{1}{C_0}$$

$$k_2 = 0,0002 \text{ (g/mg)/menit}$$

### Kinetika Orde Satu Semu

**Tabel F.3.** Perhitungan kinetika orde satu semu adsorpsi Cr(III)

t	C <sub>e</sub>	C <sub>t</sub>	q <sub>e</sub>	q <sub>t</sub>	log q <sub>e</sub> -q <sub>t</sub>
0	37,7063	50,0000	6,1469	0,0000	0,7887
5	37,7063	42,3719	6,1469	3,8141	0,3679
10	37,7063	40,4469	6,1469	4,7766	0,1368
20	37,7063	38,3938	6,1469	5,8031	-0,4638
30	37,7063	38,3281	6,1469	5,8359	-0,5073



**Gambar F.3.** Kurva kinetika orde satu semu adsorpsi Cr(III)



Berdasarkan grafik F.3 didapatkan persamaan garis  $y = -0,0439x - 0,6355$ . Maka dapat dihitung nilai  $q_e$  dan  $k_3$  dengan persamaan berikut:

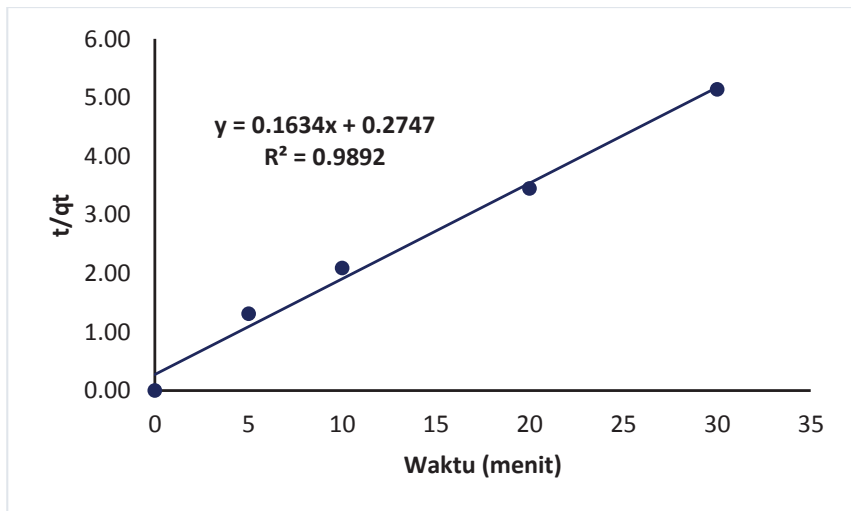
$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_3}{2,303}t$$

$$k_3 = 0,0003 \text{ menit}^{-1}$$

### Kinetika Orde Dua Semu

**Tabel F.4** Perhitungan kinetika orde dua semu adsorpsi Cr(III)

Waktu	t/qt
0	#DIV/0!
5	1,3109
10	2,0936
20	3,4464
30	5,1406



**Gambar F.4.** Kurva kinetika orde dua semu adsorpsi Cr(III)

Berdasarkan grafik F.4. didapatkan persamaan garis  $y = 0,1634x - 0,2747$ . Maka dapat dihitung nilai  $k_4$  dengan persamaan berikut:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_4 q_e^2} - \frac{1}{q_e} t$$

$$k_4 = 0,0972 \text{ (g/mg)/menit}$$

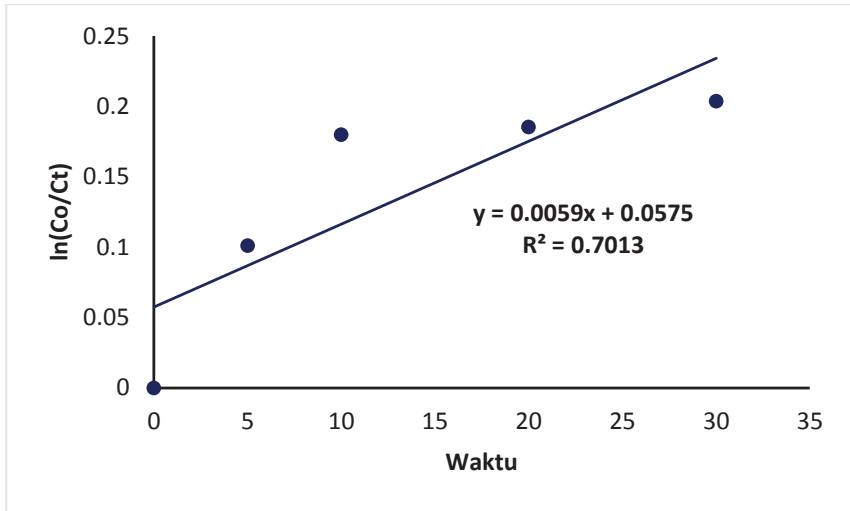
## F.2. Kinetika Adsorpsi Cr(VI)

Kinetika adsorpsi Cr(VI) dihitung dari data pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi pada Lampiran G.

### Kinetika Orde Satu

**Tabel F.5.** Hasil perhitungan orde satu adsorpsi Cr(VI)

Waktu	$C_t$	$\ln C_0/C_t$
0	50,0000	0,0000
5	45,1959	0,1010
10	41,7669	0,1799
20	41,5372	0,1854
30	40,7804	0,2038



**Gambar F.5.** Kurva kinetika orde satu adsorpsi Cr(VI)

Berdasarkan grafik F.5. didapatkan persamaan garis  $y = 0,0059x + 0,0575$ . Maka dapat dihitung nilai  $k_1$  dengan persamaan berikut:

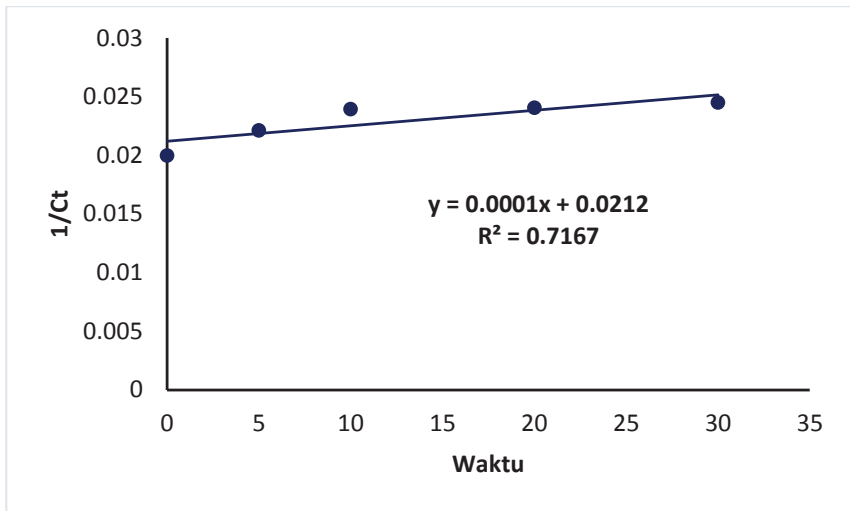
$$\ln C_t = -k_1 t + \ln C_0$$

$$k_1 = -0,0059 \text{ menit}^{-1}$$

### Kinetika Model Orde Dua

**Tabel F.6.** Hasil perhitungan orde dua adsorpsi Cr(III)

Waktu	$C_t$	$1/C_t$
0	50,0000	0,0200
5	45,1959	0,0221
10	41,7669	0,0239
20	41,5372	0,0241
30	40,7804	0,0245



**Gambar F.6.** Kurva kinetika orde satu adsorpsi Cr(VI)

Berdasarkan grafik F.6. didapatkan persamaan garis  $y = 0,0001x + 0,0212$ . Maka dapat dihitung nilai  $G_0$  dengan persamaan berikut:

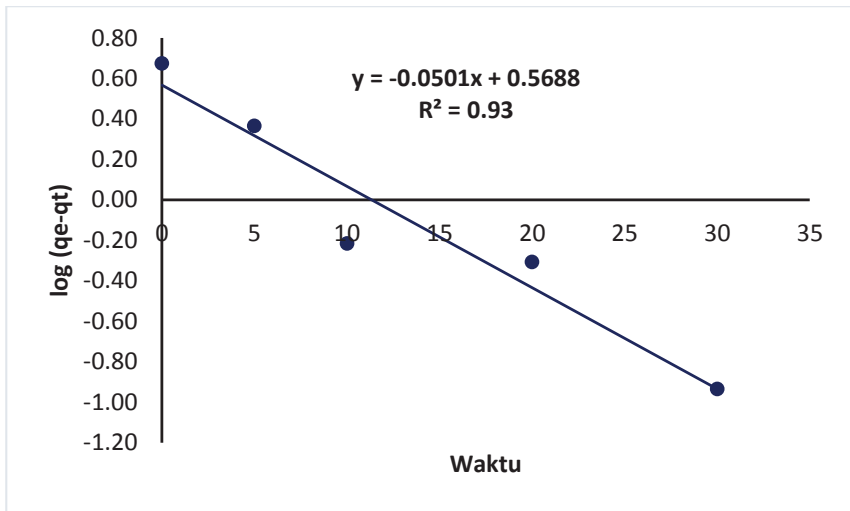
$$\frac{S}{\%} = G_0 \left( 1 - e^{-\frac{k}{100} t} \right)$$

$$G_0 = \frac{S}{1 - e^{-\frac{k}{100} t}}$$

### Kinetika Orde Satu Semu

**Tabel F.7.** Perhitungan kinetika orde satu semu adsorpsi Cr(III)

t	C <sub>e</sub>	C <sub>t</sub>	q <sub>e</sub>	qt	log q <sub>e</sub> -q <sub>t</sub>
0	40,5473	50,0000	4,7264	0,0000	0,6745
5	40,5473	45,1959	4,7264	2,4020	0,3663
10	40,5473	41,7669	4,7264	4,1166	-0,2148
20	40,5473	41,5372	4,7264	4,2314	-0,3055
30	40,5473	40,7804	4,7264	4,6098	-0,9335



**Gambar F.7.** Kurva kinetika orde satu semu adsorpsi Cr(VI)

Berdasarkan grafik F.7 didapatkan persamaan garis  $y = -0,0501x + 0,5688$ . Maka dapat dihitung nilai  $q_e$  dan  $k_3$  dengan persamaan berikut:

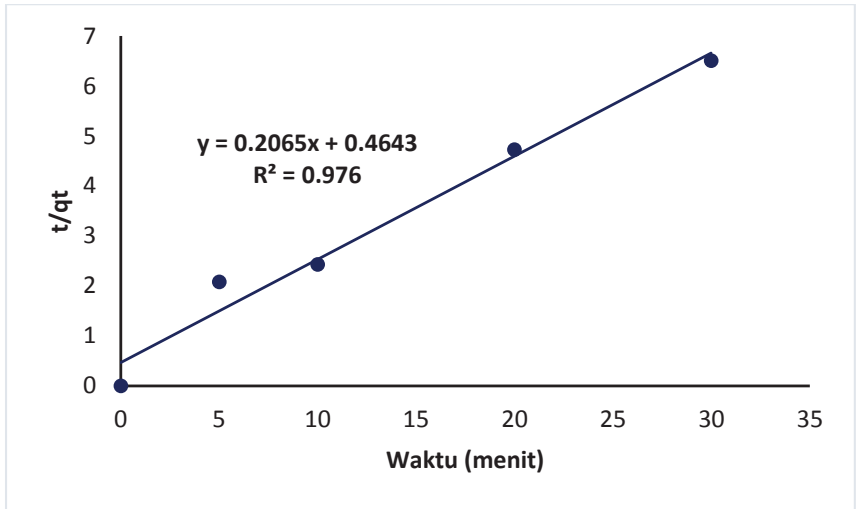
$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_3}{2,303} t$$

$$k_3 = 0,1154 \text{ menit}^{-1}$$

### Kinetika Orde Dua Semu

**Tabel F.8** Perhitungan kinetika orde dua semu adsorpsi Cr(VI)

Waktu	$t/q_t$
0	#DIV/0!
5	2,0816
10	2,4292
20	4,7265
30	6,5079



**Gambar F.8.** Kurva kinetika orde dua semu adsorpsi Cr(VI)

Berdasarkan grafik F.8. didapatkan persamaan garis  $y = 0,2065x - 04643$ . Maka dapat dihitung nilai  $q_e$  dan  $k_4$  dengan persamaan berikut:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_4 q_e^2} - \frac{1}{q_e} t$$

$$k_4 = 0,1042 \text{ (g/mg)/menit.}$$

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Nurfitriya Amalia, putri ketiga dari Ismiati dan Kariono, yang lahir pada tanggal 24 Maret 1993 di Pasuruan. Menyelesaikan pendidikan di SDN 02 Pecalukan pada tahun 2005, SMPN 01 Pandaan pada tahun 2008, dan SMAN 01 Pandaan pada tahun 2011. Penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Jurusan Kimia FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Penulis aktif sebagai *staff* Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa HIMKA ITS pada tahun 2012-2013 dan sebagai sekretaris di departemen yang sama pada tahun 2013-2014. Pada Juli hingga Agustus 2014 penulis menyelesaikan kerja praktek di Divisi *Water Treatment and Composting Plan* PT. Djarum Kudus. Penulis juga aktif menjalankan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) yang diselenggarakan oleh DIKTI, meliputi bidang pengabdian masyarakat pada tahun 2013, bidang kewirausahaan pada tahun 2014 dan 2015. Pada tahun 2015 penulis mengikuti Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (PIMNAS) ke-27 sebagai pembicara tingkat nasional menyampaikan hasil PKM bidang kewirausahaan dengan judul “YOU, Yoghurt Unik Berbagai Rasa dengan Potongan Buah Segar Sebagai Makanan Sehat yang Dikemas Praktis dan Higienis”. Saat ini penulis telah menyelesaikan tugas akhir di bidang Instrumentasi dan Sains Analitik dibawah bimbingan Ibu Dra. Ita Ulfin, M.Si. Penulis dapat dihubungi melalui email [nurfitriyaamalia@gmail.com](mailto:nurfitriyaamalia@gmail.com).